

Fernando Augusto Yudyro Hayashi

**PONTE HERCÍLIO LUZ:
CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO,
INTERVENÇÕES E ESTADO ATUAL DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e
Urbanismo da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Arquitetura e
Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. Wilson Jesus da
Cunha Silveira

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando
Barth

Florianópolis
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hayashi, Fernando Augusto Yudyro
Ponte Hercílio Luz: [dissertação] : caracterização do
projeto, construção, intervenções e estado atual de
conservação / Fernando Augusto Yudyro Hayashi ; orientador,
Wilson Jesus da Cunha Silveira ; co-orientador, Fernando
Barth. - Florianópolis, SC, 2012.
233 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Hercílio Luz. 3. ponte
pênsil. 4. projeto. 5. construção. I. Silveira, Wilson
Jesus da Cunha. II. Barth, Fernando. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Fernando Augusto Yudyro Hayashi

**PONTE HERCÍLIO LUZ:
CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO,
INTERVENÇÕES E ESTADO ATUAL DE CONSERVAÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Florianópolis, 18 de Dezembro de 2012.

Prof. Ayrton Portilho Bueno, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Wilson Jesus da Cunha Silveira, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Barth, Dr.
Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Alina Gonçalves Santiago, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Gilberto Sarkis Yunes, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Narbal Ataliba Marcellino, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a minha querida esposa, Beatriz, aos irmãos Flavio, Felipe e Francisco, aos amigos, e aos meus queridos pais. Dedico ainda aos apaixonados pela ponte Hercílio Luz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Wilson Jesus da Cunha Silveira, pela orientação e por ter acreditado no potencial deste tema de pesquisa; pelo acompanhamento ao longo destes anos de estudo, paciência e generosidade.

Agradeço ao professor Fernando Barth, pela co-orientação e por estar à disposição para discutir as questões relevantes deste trabalho, disponibilizando seu tempo e contribuindo significativamente para a finalização desta pesquisa.

Agradeço também à professora Alina G. Santiago, pela sua participação durante o processo de desenvolvimento da pesquisa e suas observações, que contribuíram para a melhoria do trabalho.

Aos professores Gilberto S. Yunes e Narbal A. Marcellino, que contribuíram com suas observações para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Maristela M. de Almeida, que contribuiu para a estruturação desta pesquisa, apresentando diferentes perspectivas do objeto de estudo.

Aos coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, professor Fernando O. R. Pereira e Ayrton P. Bueno, pelas oportunidades e incentivo à pesquisa.

À Ana Maria W. Ramos, secretária do PósArq, por sua atenção e também a todos os professores do curso de Arquitetura e Urbanismo que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos trabalhadores da segunda etapa de restauração da ponte Hercílio Luz e também aos servidores do Deinfra, que permitiram o acesso à obra e a coleta de dados para esta pesquisa.

À Beatriz, pelo apoio incondicional, contribuindo com a formatação deste trabalho e discussões sobre a pesquisa.

Aos colegas de classe e aos colegas de trabalho da ponte Hercílio Luz.

A toda a minha família, pela presença, o carinho e o apoio de sempre.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Este trabalho busca identificar os principais aspectos relacionados com o projeto de uma ponte pênsil desenvolvido por Robinson & Steinman em 1923 para a sua execução em Florianópolis, ligando a ilha de Santa Catarina com o continente. São apresentadas considerações sobre a logística utilizada e algumas das estratégias adotadas nas etapas de construção da ponte. Busca-se também caracterizar as intervenções da ponte ao longo de nove décadas, onde são mostradas as diferentes configurações e tipos de utilização com as decorrentes transformações da paisagem no entorno. Este trabalho ainda apresenta um breve diagnóstico das principais manifestações patológicas observadas e um resumo das manutenções realizadas de modo a apresentar um quadro sintético do atual estado de conservação da ponte. Por fim, são apresentados os aspectos mais relevantes das propostas de restauração e reabilitação, cujas obras estão em fase de execução.

Palavras chave: ponte pênsil, projeto, construção, restauração, Hercílio Luz.

ABSTRACT

This research seeks to identify the main aspects of the project of a suspension bridge designed by Robinson & Steinman in 1923 constructed in Florianópolis, connecting the island of Santa Catarina to the mainland. Logistics and some of the strategies adopted in the stages of construction of the bridge are presented. The interventions on the bridge over nine decades are described in this investigation, which shows the different settings and types of use with the resulting changes in the surrounding landscape. This study also presents a brief diagnosis of the main pathological manifestations observed and a summary of maintenance performed in order to present the current condition of the bridge. Finally, the most relevant aspects of the proposed rehabilitation and restoration are presented, whose works are in progress.

Keywords: Suspension bridge. Design. Construction. Restoration. Hercílio Luz.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: a – Proposta inicial da ponte Ironbridge em 1779 por Pritchard e b – modificação do arco composto por elementos de ferro fundido	36
Figura 2.2: a – arco da Ironbridge e b – Ironbridge.....	36
Figura 2.3: a – elementos de ferro fundido que unem os arcos principais e b – rebites utilizados na ligação entre elementos da Ironbridge.	37
Figura 2.4: a – Reprodução do antigo processo de fabricação dos elementos de arco de ferro fundido e b – Armazenamento dos novos arcos do modelo reduzido da ponte Ironbridge	37
Figura 2.5: Ponte Menai na Inglaterra com vão suspenso de 176 metros.	38
Figura 2.6: a – Viaduto de acesso e b – barras de olhal da ponte Menai.	39
Figura 2.7: seção longitudinal da colocação dos cabos em Niagara Falls.	39
Figura 2.8: a – método com cabos de suspensão desenvolvido por Roebling para a construção da ponte de Niagara Falls e b – seção da roldana de lançamento dos fios de aço para a construção dos cabos de suspensão.....	39
Figura 2.9: a – ponte suspensa de Niagara Falls e b – trem realizando a travessia	41
Figura 2.10: a – ferrovia ativada antes de 1886 e b – ponte suspensa de Niagara Falls após restauração realizada em 1886.	42
Figura 2.11: vista longitudinal da ponte do Brooklyn.	42
Figura 2.12: a – elevação lateral e frontal da torre e b – detalhe da sela de apoio dos cabos de suspensão da Brooklyn Bridge.	43
Figura 2.13: sistema de lançamento dos fios de aço em roldana desenvolvidos por Roebling para a ponte do Brooklyn.....	44
Figura 2.14: a – lançamento dos fios para a formação dos cabos de suspensão e b – máquina de envelopamento dos cabos principais da Brooklyn Bridge.....	44
Figura 2.15: a – montagem das barras de olhal nas ancoragens e b – fixação dos cabos de suspensão nas barras de olhal.....	45
Figura 2.16: a – seção do maciço de ancoragem com as barras de olhal e b – vista lateral da ligação do cabos com o maciço de ancoragem da Brooklyn Bridge.....	45
Figura 2.17: seção da ponte do Brooklyn, mostrando a passarela, os trilhos e as carroças.	46

Figura 2.18: a – Brooklyn Bridge e b – Passeio da Brooklyn Bridge. ..	46
Figura 2.19: seção da ponte do Brooklyn, mostrando a passarela, os trilhos, os bondes e as carroças.	47
Figura 2.20: viaduto de acesso da Brooklyn Bridge, mostrando a passarela, os trilhos, os bondes e as carroças.	47
Figura 2.21: seção da Brooklyn Bridge, mostrando a passarela com ciclovia e seis pistas de carros nas laterais.	48
Figura 2.22: ponte do Brooklyn, cabos de aço, pistas de carros e passarela.	49
Figura 2.23: a – proposta de ponte suspensa da ponte Benjamin Franklin.	50
Figura 2.24: ponte Benjamin Franklin.	50
Figura 2.25: a – maciço de ancoragem com estação de trem e b – ferrovia da ponte Benjamin Franklin.	51
Figura 2.26: a – ensecadeira em exposição antes de ser lançada no rio e b – ensecadeira posicionada no rio.	51
Figura 2.27: a – operários dentro da ensecadeira e b – ensecadeira no maciço de ancoragem.	52
Figura 2.28: a – maciço de ancoragem com barras de olhal e b – finalização da fundação das torres principais.	52
Figura 2.29: a – início da construção da torre principal e b – lançamento dos cabos principais.	53
Figura 2.30: a – fio de aço armazenado em carretel e b – lançamento dos fios de aço dos cabos principais.	53
Figura 2.31: a – revestimento do maciço de ancoragem com blocos de granito e b – amarração dos fios de aço nas barras de olhal.	54
Figura 2.32: a – cabo de aço principal e b – envelopamento do cabo principal com equipamento hidráulico.	54
Figura 2.33: a – equipamento hidráulico para envelopamento do cabo principal e b – passarela de serviço para a montagem dos cabos.	55
Figura 2.34: a – construção do tabuleiro, b – construção das peças metálicas do vão central.	55
Figura 2.35: a – travessia de pedestres durante a inauguração da ponte e b – tráfego de veículos.	56
Figura 2.36: a – vista da torre principal e a ligação do cabo principal e b – cabo principal com pendurais.	56
Figura 2.37: Ponte Pênsil Afonso Pena sobre o Rio Sapucaí.	57
Figura 2.38: a – Ponte Affonso Penna na cidade de Itumbiara, GO e b – vista da pista central da ponte Affonso Penna.	57
Figura 2.39: a – Ponte Pênsil Afonso Pena sobre o Rio Sapucaí e b – ponte Afonso Pena.	58

Figura 2.40: a – vista superior da Ponte São Vicente e b – vista inferior da Ponte São Vicente.....	59
Figura 2.41: Ponte Pênsil Alves Lima.....	60
Figura 2.42: a – Ponte Pênsil Alves Lima e b – ponte Alves Lima.	60
Figura 2.43: quadro com dez tipos de pontes suspensas, indicando o tipo Florianópolis na letra h.....	61
Figura 2.44: ponte Hercílio Luz pintada de preto em 1926.....	62
Figura 2.45: Silver Bridge.....	62
Figura 2.46: a – modelo tridimensional da Silver Bridge e b – ligação das duas barras de olhal.....	63
Figura 2.47: a e b – desabamento da Silver Bridge.....	63
Figura 2.48: Saint Marys Bridge.....	64
Figura 2.49: a – demolição da Saint Marys Bridge e b – demolição da Saint Marys Bridge.....	65
Figura 3.1: Planta da ilha de Santa Catarina.....	67
Figura 3.2: Pintura de Jean-baptiste Debret de Nossa Senhora do Desterro em 1827.....	68
Figura 3.3: Embarcações no canal do estreito.....	69
Figura 3.4: a - Trapiche Municipal, anterior à construção do Miramar e b – população assistindo a uma regata no antigo trapiche.....	70
Figura 3.5: a - Retrato de Hercílio Pedro da Luz e b – Réplica da ponte Hercílio Luz construída em madeira.....	71
Figura 3.6: Área de entorno horizontal do tombamento.....	73
Figura 3.7: Início do século XX, aproximadamente 1920, por Eduardo Dias.....	75
Figura 3.8: Ilustração da ponte na foto divulgação do site da Secretaria Municipal do Turismo.....	77
Figura 3.9: Apresenta a planta de locação da ponte.....	78
Figura 3.10: a – Vista de Florianópolis do alto do Morro da Cruz, 1920 e b – Vista de Florianópolis, 2012.....	79
Figura 3.11: Vista aérea da ilha, durante a construção da ponte.....	79
Figura 3.12: Planta da cidade de Florianópolis.....	80
Figura 3.13: a – Área central de Florianópolis década de 1940 e b – Miramar.....	81
Figura 3.14: a – Estacionamento da Prefeitura Municipal, 1974 e b – Construção da ponte Colombo Salles.....	81
Figura 3.15: a – Foto aérea, 1957 e b – Foto aérea, 1998.....	82
Figura 3.16: a – Vista aérea da cidade de Florianópolis em 1942 e b – Vista aérea de Florianópolis em 2000.....	83
Figura 3.17: a – Vista aérea em 2003 e b – Vista aérea da cidade de Florianópolis em 2009.....	83

Figura 3.18: a – Vista da beira-mar continental em 2012 e b – Beira-mar continental após a inauguração.	84
Figura 3.19: a – Vista aérea da cidade de Florianópolis, 2012 e b – Simulação da quarta ligação.....	84
Figura 3.20: a – Proposta de projeto da quarta ligação, 2012 e b – Proposta de projeto da quarta ligação, 2012.	85
Figura 4.1: Projeto de ponte viga treliçada, <i>cantilever</i>	87
Figura 4.2: Projeto de ponte pênsil com cabos.....	88
Figura 4.3: Projeto adotado.....	89
Figura 4.4: Implantação da ponte Hercílio Luz.....	90
Figura 4.5: Elevação do viaduto de acesso do lado do continente com a numeração dos vãos.	91
Figura 4.6: Elevação do viaduto de acesso do lado da ilha com a numeração dos vãos.	92
Figura 4.7: Elevação geral da ponte.....	95
Figura 4.8: Elevação geral da ponte com indicação dos elementos estruturais, ver quadro com a legenda.	95
Figura 4.9: a – Seção transversal da parte central do vão pênsil e b – Seção transversal do viaduto de acesso.....	96
Figura 4.10: a – Seção transversal das extremidades do vão central e b – Seção transversal do viaduto de acesso.....	97
Figura 4.11: Vista inferior do tabuleiro no vão pênsil.	97
Figura 4.12: Estrutura da ponte completa, infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.....	98
Figura 4.13: Fundações de concreto nas cabeceiras no continente (C) e na ilha (I).....	99
Figura 4.14: Vista lateral, superior e inferior do maciço de ancoragem do lado do continente.	100
Figura 4.15: Vista superior, frontal e lateral do maciço de ancoragem do lado da ilha.	100
Figura 4.16: Vista lateral e detalhe do sistema de ancoragem.	101
Figura 4.17: a – Perspectiva do Encontro continental, b – Perspectiva do Encontro insular.	101
Figura 4.18: Vista superior e vista transversal de dois blocos de fundação das torres principais.....	102
Figura 4.19: Vista superior e vista transversal de dois blocos de fundação das torres principais.....	103
Figura 4.20: Torres para suporte dos viadutos de acesso no continente (C) e na ilha (I).....	103
Figura 4.21: Vista longitudinal e transversal de uma torre do viaduto de acesso.	104

Figura 4.22: Vistas transversais da base das pernas das torres secundárias e parafusos de ancoragem nas fundações.....	105
Figura 4.23: a – Seção transversal do viaduto, b - seção transversal da viga de alma cheia.	105
Figura 4.24: a – Sistema de apoio com rolamento, b – Sistema de apoio fixo.	106
Figura 4.25: Perfil longitudinal de treliça Warren e vista do contraventamento inferior.	106
Figura 4.26: a – Sistema de apoio com rolamento, b – Sistema de apoio fixo.	107
Figura 4.27: Torres principais no continente (C) e na ilha (I).	108
Figura 4.28: a – Vista lateral da torre principal e b – Vista transversal da torre principal.	109
Figura 4.29: a - Seções da torre principal e b – Sela do topo da torre e sistema de rótula da base da torre.....	110
Figura 4.30: Sistemas de apoio das treliças do vão pênsil e do viaduto de acesso na viga da torre principal.	111
Figura 4.31: a – Vista transversal do sistema de apoio do vão pênsil na torre principal, b – Vista lateral.	111
Figura 4.32: a – Vista lateral da sela no topo da torre principal, b – Vista superior.....	112
Figura 4.33: a – Vista lateral da sela no topo da torre principal, b – Vista frontal.	112
Figura 4.34: a – Vista lateral da sela e b – Vista transversal da sela. ..	113
Figura 4.35: a – Vista superior da sela e b – Seção a-a da sela.	113
Figura 4.36: a – Vista da parte inferior da sela e b – Detalhe do pino guia.	114
Figura 4.37: Cabos provisórios para o transporte e montagem dos olhais.	115
Figura 4.38: a - Trolley apoiado no cabo provisório e b – Detalhe de projeto do trolley.	115
Figura 4.39: Sistema de sela provisória no topo das torres principais.	116
Figura 4.40: Montagem das barras de olhais.....	116
Figura 4.41: a – Barra de olhal, b - União de oito barras de olhais por meio de pino.	117
Figura 4.42: Pino de ligação das barras de olhais.....	117
Figura 4.43: Montagem dos pendurais e dos montantes.	118
Figura 4.44: Corte e vista lateral do pendural fixado na treliça.....	119
Figura 4.45: a - Vista longitudinal da treliça de rigidez e b – Seção do montante.	119
Figura 4.46: Montagem das diagonais e da corda inferior.	120

Figura 4.47: Diagonais e da corda inferior.....	120
Figura 4.48: a – Seção transversal da corda inferior e b – Seção transversal da diagonal.....	120
Figura 4.49: Vista longitudinal da treliça.....	121
Figura 4.50: Vista superior da treliça.....	121
Figura 4.51: Montagem dos pendurais e dos montantes.	122
Figura 4.52: Vista superior das vigas transversais e longarinas da plataforma.	122
Figura 4.53: Console utilizado como suporte do passeio.....	123
Figura 4.54: Console utilizado como suporte do passeio.....	124
Figura 4.55: Console utilizado como suporte da adutora de água.....	124
Figura 4.56: Projeto do guarda-corpo do passeio no lado norte da ponte.	125
Figura 4.57: Vista superior e lateral da defesa metálica do lado sul da ponte.....	125
Figura 4.58: Detalhe da junta de dilatação da defesa metálica do lado sul da ponte.	126
Figura 4.59: Corte transversal com detalhes do piso de madeira.	126
Figura 4.60: Detalhe da adutora de água.....	127
Figura 5.1: a – Canteiro de obras do continente e b – Canteiro de obras da ilha.....	130
Figura 5.2: a – Píer para descarregar as peças no continente, b – Barco navegando abaixo do vão pênsil durante a construção.....	131
Figura 5.3: a – Canteiro de obras no lado continental e b – Sistema de trilhos e grua instalados no lado insular.....	132
Figura 5.4: a – Grua instalada na plataforma provisória do lado insular e b – Sistema de trilhos e guindaste a vapor no lado insular.....	133
Figura 5.5: a – Escada de acesso ao topo da fundação dos pilones e b – Escada de acesso ao topo da ancoragem.	133
Figura 5.6: a – Fábrica de cimento em São Paulo e b – Barricas de cimento, lateral esquerda da foto.	134
Figura 5.7: a – Acesso continental e b – Formas de madeira.....	134
Figura 5.8: Sequenciamento executivo da estrutura da ponte Hercílio Luz.	138
Figura 5.9: a – Operários trabalhando dentro das enscadeiras e b – Construção de enscadeira.	139
Figura 5.10: a – Enscadeira e uma fundação do pilone finalizada e b – Estrutura insular instalada na água para o acesso ao pilone.....	140
Figura 5.11: a – Escavações em rocha para a construção do maciço de ancoragem insular e b – Perspectiva do maciço insular.....	141

Figura 5.12: a – Maciço de ancoragem continental e b – Maciço de ancoragem insular.	142
Figura 5.13: a – Vista posterior do encontro insular e b – Vista frontal do encontro insular.	142
Figura 5.14: a – Vista das sapatas no lado da ilha e b – Vista das sapatas no lado continental.	143
Figura 5.15: Viaduto de acesso continental.	144
Figura 5.16: a – Viaduto de acesso continental e b – Perfil transversal e longitudinal de uma torre.	145
Figura 5.17: a – Viaduto de acesso continental e b – Viaduto de acesso insular.	145
Figura 5.18: a - Construção de uma torre do viaduto continental e b – Perfil transversal e longitudinal de uma torre.	146
Figura 5.19: a – Viga de alma cheia no topo de uma torre do lado continental e b – Viga de alma cheia no topo de uma torre na ilha.	147
Figura 5.20: Vigas de alma cheia montadas no viaduto de acesso insular.	147
Figura 5.21: Montagem de uma viga treliçada tipo Warren no lado continental.	148
Figura 5.22: a – Viga treliçada apoiada em uma torre principal e b – Viga treliçada entre duas torres do viaduto continental.	148
Figura 5.23: Lado norte do tabuleiro insular e b – Lado sul do tabuleiro insular	149
Figura 5.24: a – Montagem dos consoles e b – Consoles e guarda-corpo montados.	150
Figura 5.25: a – Vista lateral da rótula da base da torre principal e b – Vista transversal da rótula.	150
Figura 5.26: a – Estrutura especial para erguer as peças da torre principal e b – Montagem da torre principal continental.	151
Figura 5.27: a – Estrutura especial para erguer as peças da torre insular e b – Torre principal continental concluída.	151
Figura 5.28: a – Cabos provisórios passando pelo lado norte das torres principais e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.	152
Figura 5.29: a – Barras de olhais posicionadas no lado norte e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.	153
Figura 5.30: a – Barras de olhais posicionadas no lado norte e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.	154
Figura 5.31: a – Primeiro painel montado na extremidade do vão pênsil e b – Cabos para o transporte aéreo no vão central.	154
Figura 5.32: a – Treliça do lado norte parcialmente montada e b – Treliças norte e sul parcialmente montadas.	155

Figura 5.33: Pista de rolamento de madeira.....	156
Figura 5.34: a – Montagem do estrado de madeira do vão central e b – O estrado de madeira após a finalização da obra.	156
Figura 5.35: a – Pista de rolamento de madeira e b – O estrado de madeira após a finalização da obra.	157
Figura 6.1: Utilização da ponte em período posterior à inauguração com a ilha ao fundo.....	160
Figura 6.2: a – Viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso continental.....	162
Figura 6.3: a – Passeio de pedestres, lado norte da ponte e b – Encanamento de água, lado sul da ponte.....	162
Figura 6.4: a – Pista de rodagem em madeira no vão central (1950) e b – Viaduto de acesso insular.....	163
Figura 6.5: a – Viaduto de acesso continental e b – Viaduto de acesso continental com as novas luminárias.....	165
Figura 6.6: a – Reforço da barra de olhal rompida, torre insular lado sul e b – Detalhe do reforço com cabos de aço na barra rompida.....	167
Figura 6.7: a – Pista de asfalto removida do vão central e b – Pista de asfalto no viaduto de acesso.....	168
Figura 6.8: a – Engenheiros no vão central e barras de olhais com pintura original e b – Engenheiros no topo da torre principal.....	169
Figura 6.9: Viadutos de acesso insular e continental.	170
Figura 6.10: a – Viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso continental.....	170
Figura 6.11: a – Encontro do lado da ilha e b – Encontro do lado do continente.....	171
Figura 6.12: Vão com viga de alma cheia situado no viaduto de acesso insular.....	171
Figura 6.13: a – Viga de alma cheia corroída e b – Viga de alma cheia restaurada.....	172
Figura 6.14: a – Treliça do tipo Warren corroída e b – Viga do tipo Warren restaurada.....	173
Figura 6.15: a – Contraventamento da torre insular corroída e b – Contraventamento da torre insular restaurada.....	173
Figura 6.16: a – Forma original da fundação da torre e b – Fundação da torre reforçada.....	174
Figura 6.17: a – Chapas corrugadas enferrujadas no vão central e b – Estrado de madeira no passeio do vão central.....	175
Figura 6.18: a – Cavidades geradas por meio de corrosão e b – Corrosão da ligação entre as barras de olhal na corda superior da treliça de rigidez.....	176

Figura 6.19: a – Inspeção das diagonais e nós da treliça e b – Corrosão da treliça de rigidez.	177
Figura 6.20: a – Vista inferior do vão central e b – Detalhe de corrosão do vão central.	177
Figura 6.21: a – Diferença de altura dos pendurais e b – Pendural mais próximo do meio do vão central.	178
Figura 6.22: a – Sistema de ligação dos pendurais com a treliça e b – Pendural contornando o pino de ligação das barras.	179
Figura 6.23: a – Torre insular e b – Ferrugem da torre principal insular.	179
Figura 6.24: a - Maciço de ancoragem continental e b – Maciço de ancoragem insular.	180
Figura 6.25: a – Vista lateral de uma sela e b – Detalhe da ligação das barras com a sela.	181
Figuras 6.26: a e b – Detalhe do reforço da barra de olhal rompida....	181
Figura 6.27: a – Fundações da torre principal continental e b – Fundações da torre principal insular.....	182
Figuras 6.28: a – Rótula enferrujada e b – Rótula reparada e pintada.	183
Figuras 6.29: a – Trinca na rótula e b – Corrosão na chapa intermediária.	183
Figura 6.30: a – Biela de apoio na torre principal e b – Vista inferior do sistema de apoio na torre principal.	184
Figura 6.31: a – Biela de apoio enferrujada e b – Biela de apoio restaurada.	184
Figura 6.32: Etapa 1 em vermelho e Etapa 2 em azul.	186
Figura 6.33: Reforço das fundações das torres principais.	186
Figura 6.34: a – Base das torres nos viadutos de acesso apoiada em rocha e b – base das torres nos viadutos de acesso apoiada em estacas.	187
Figura 6.35: Reforço do encontro do lado da ilha na extremidade do viaduto de acesso.....	187
Figura 6.36: Colocação de cabos e pendurais provisórios, transferência de carga para os cabos provisórios.	188
Figura 6.37: Regulagem de tensão nos pendurais provisórios para reduzir ao mínimo a tensão nas barras de olhais.	188
Figura 6.38: Desmontagem das barras de olhais, exceção da parte central da treliça de rigidez.	189
Figura 6.39: Instalação de perfis metálicos provisórios na treliça central.	189
Figura 6.40: Desmontagem e substituição das barras de olhal na treliça central.	189

Figura 6.41: Desmontagem dos perfis provisórios.....	190
Figura 6.42: Instalação das demais barras de olhal e pendurais definitivos.	190
Figura 6.43: Transferência de carga entre os cabos provisórios e as novas barras de olhal.....	190
Figura 6.44: Desmontagem dos cabos provisórios.....	191
Figura 6.45: Corte transversal no vão central, projeto com duas passarelas.	191
Figura 6.46: a – Geometria da barra de olhal original e b – Geometria da nova barra de olhal.	191
Figura 6.47: a - Barra de olhal proposta para a troca e b - Medição da espessura nominal da barra de olhal.....	192
Figura 6.48: Seção transversal e vista lateral da barra de olhal original.	192
Figura 6.49: Perfil da nova barra de olhal do projeto de reabilitação.	193
Figura 6.50: a – Pino de ligação das barras de olhal, b – Projeto original do pino de ligação dos olhais.	193
Figura 6.51: Projeção do viaduto de acesso continental em verde e ocupações desordenadas em roxo.	194
Figura 6.52: Viaduto de acesso continental.	195
Figura 6.53: Projeção do viaduto de acesso insular em verde e ocupações desordenadas em roxo.	195
Figura 6.54: Viaduto de acesso insular.	195
Figura 6.55: a – Torre degradada do viaduto de acesso insular e b – Estrutura provisória para a reabilitação da torre	196
Figura 6.56: a – Reabilitação da treliça Warren do viaduto insular e b – Estrutura provisória para a reabilitação da treliça.	196
Figura 6.57: a – Rebite sendo aquecido na forja e b – Cravação do rebite.	197
Figura 6.58: a – Rebite sendo aquecido na forja e b – Cravação do rebite.	197
Figura 6.59: a – Remoção do asfalto do viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso insular sem o asfalto.....	198
Figura 6.60: a – Retirada da estrutura metálica de suporte do asfalto no viaduto continental e b – Sucata leiloadas.	198
Figura 6.61: a – Retirada da pista metálica do viaduto insular e b – Reabilitação da estrutura metálica do viaduto continental.	199
Figura 6.62: a – Pintura de acabamento final no viaduto insular e b – Colocação do piso de madeira provisório para a Etapa 2.....	199
Figura 6.63: a – Viaduto de acesso insular finalizado e b – Viaduto de acesso continental finalizado.....	200

Figura 6.64: a e b – Inspeção visual do vão central.....	201
Figura 6.65: a – Armadura de estacas-raiz e b – Cravação de estaca-raiz.	202
Figura 6.66: a – Base original da torre e b – Bases da torre reforçada.	202
Figura 6.67: a – Transporte de console e b – Console montado.	203
Figura 6.68: a – Inserção do rebite, b e c – Utilização do martelo e da barra encontradora e d – Rebite com a cabeça deformada.	203
Figura 6.69: a - Furos e rebites cravados e b – Rebites na ligação entre treliça Warren e travessa do viaduto de acesso.	204
Figura 6.70: a – Instalação de andaimes no viaduto de acesso continental e b – Instalação de andaimes no viaduto continental.....	204
Figura 6.71: a – Ranchos de pescadores e propriedades em baixo do viaduto continental e b – Desapropriação dos ranchos e propriedade.	205
Figura 6.72: Perspectiva da estrutura de sustentação provisória em vermelho.	205
Figura 6.73: a – Montagem da balsa para os serviços em mar e b – Rebocador.....	206
Figura 6.74: a – Canteiro de obras para os serviços em mar e b – Balsas e rebocador ancorados.	206
Figura 6.75: a – Rebocador, barco para transporte de pessoas e balsa com as boias e o guincho e b – Rebocador empurrando a balsa.....	207
Figura 6.76: a – Balsas para os serviços em mar e b – Mobilização de materiais e equipamentos para as fundações em mar.	208
Figura 6.77: a – Mergulhador e b – Preparação do mergulhador para a inspeção subaquática.	208
Figura 6.78: a – Empresa de mergulho Starnort é contratada e b – Preparação do mergulhador para a inspeção subaquática.....	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Dimensões do viaduto de acesso do lado do continente.	91
Tabela 4.2: Dimensões do viaduto de acesso do lado da ilha.....	92
Tabela 5.1: Propriedades do aço tratado a calor.	135
Tabela 5.2: Propriedades físicas dos protótipos de barras de olhais ensaiadas em 1924.....	136
Tabela 5.3: Quantitativos de materiais.	158

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	31
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	31
1.2	OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	31
1.2.1	Objetivo Geral.....	31
1.2.2	Objetivos específicos	31
1.3	MÉTODOS DA PESQUISA.....	32
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	33
2	BREVE HISTÓRICO DAS PONTES METÁLICAS.....	35
2.1	O SURGIMENTO DAS PONTE METÁLICAS	35
2.2	AS PRIMEIRAS PONTES METÁLICAS SUSPENSAS	38
2.3	AS PONTES SUSPENSAS COM TORRES METÁLICAS	49
2.4	O SURGIMENTO DAS PONTES SUSPENSAS NO BRASIL ..	56
2.5	A PONTE SUSPENSA DE FLORIANÓPOLIS	60
2.6	PONTES CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA TIPO FLORIANÓPOLIS	62
3	ASPECTOS HISTÓRICOS, CULTURAIS E PAISAGÍSTICOS	67
3.1	HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO.....	67
3.2	FLORIANÓPOLIS NO INÍCIO DO SÉCULO XX.....	69
3.3	A ASCENSÃO DO GOVERNADOR HERCÍLIO LUZ	71
3.4	PONTE HERCÍLIO LUZ	72
3.5	TOMBAMENTO E O MUSEU DA PONTE.....	72
3.6	IMPLANTAÇÃO E ENTORNO	74
3.7	PATRIMÔNIO TECNOLÓGICO E PAISAGEM CULTURAL.	75
3.8	PROPOSTA INICIAL DA IMPLANTAÇÃO DA PONTE.....	77
3.9	TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM.....	78
4	ASPECTOS PROJETUAIS DA PONTE HERCÍLIO LUZ ..	87
4.1	LANÇAMENTO DA PROPOSTA ESTRUTURAL.....	87
4.2	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA PONTE PÊNSIL ..	89
4.3	A FUNCIONALIDADE DA PONTE HERCÍLIO LUZ.....	93
4.4	PLANEJAMENTO.....	94
4.5	TIPIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	94
4.6	ELEMENTOS DO PROJETO DA PONTE HERCÍLIO LUZ	98
4.6.1	Fundações	99
4.6.2	Viadutos de acesso	103
4.6.3	Sistemas de andaimes	107

4.6.4	Torres principais.....	107
4.6.5	Cabos provisórios	114
4.6.6	Barras de olhais	116
4.6.7	Pendurais e montantes	118
4.6.8	Diagonais e corda inferior do vão central.....	119
4.6.9	Corda superior e contraventamento	121
4.6.10	Longarinas e vigas transversais.....	122
4.6.11	Passeio de pedestres, consoles e guarda-corpo.....	122
4.6.12	Pista de rodagem de madeira.....	126
4.6.13	Adutora de abastecimento de água	127
5	ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA PONTE HERCÍLIO	
	LUZ.....	129
5.1	LOCAÇÃO DA PONTE	129
5.2	LOGÍSTICA DO CANTEIRO DE OBRAS	129
5.3	ETAPAS DA CONSTRUÇÃO	137
5.3.1	Etapa Fundações.....	138
5.3.2	Etapa Viadutos de acesso.....	143
5.3.3	Etapas Torres principais.....	150
5.3.4	Etapa Cabos provisórios	152
5.3.5	Etapa Barras de olhal.....	152
5.3.6	Etapa Pendurais e montantes	153
5.3.7	Etapa Diagonais e corda inferior.....	154
5.3.8	Etapa Complementos e finalizações.....	155
5.4	QUANTITATIVOS DE MATERIAIS.....	157
6	MANUTENÇÕES, TRANSFORMAÇÕES E ESTADO	
	ATUAL DA PONTE.....	159
6.1	MANUTENÇÕES E TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS	159
6.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E O ESTADO ATUAL DA PONTE.....	169
6.3	PROPOSTAS PARA A RESTAURAÇÃO E A REABILITAÇÃO.....	185
6.3.1	Elaboração do Projeto de Referência e etapas.....	185
6.3.2	Intervenções na restauração e reabilitação na Etapa 1....	194
6.3.3	Intervenções na segunda etapa de restauração.....	200
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	211
7.1	QUANTO AOS ASPECTOS HISTÓRICOS E CULTURAIS	211
7.2	REFERENTE ÀS TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM	212
7.3	COM RELAÇÃO AOS PROJETOS DA PONTE	212
7.4	QUANTO À CONSTRUÇÃO DA PONTE.....	225

7.5	QUANTO ÀS TRANSFORMAÇÕES DA PONTE, AO USO E AO ESTADO ATUAL	226
7.6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	227
8	REFERÊNCIAS.....	229
	ANEXO A.....	235

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em aprofundar os conhecimentos dos projetos, processos construtivos, transformações e o estado atual da ponte Hercílio Luz, caracterizando-os com o auxílio de infográficos e fotografias entre outros documentos. Os principais aspectos históricos, culturais e paisagísticos são abordados brevemente com o objetivo de contextualizar o estudo. O desenvolvimento do trabalho utiliza o método exploratório e descritivo, levantando e organizando sistematicamente os documentos para a interpretação ou a revisão das informações. O trabalho aponta o patrimônio tecnológico que também apresenta valores simbólicos e culturais e paisagísticos significativos para a população da cidade de Florianópolis e de todo o Estado de Santa Catarina.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Grande parte das informações e dos documentos relacionados com o projeto e a construção da ponte encontra-se dispersos em diferentes órgãos públicos. Este trabalho busca levantar e apresentar de modo sistemático a compilação de dados e referências. Esta pesquisa busca contribuir para a criação de uma base de dados do acervo de documentos e publicações técnicas para o Museu da Ponte. Hoje o Museu da Ponte Hercílio Luz encontra-se desativado, mas o seu acervo faz parte de uma exposição itinerante organizada pelo Arquivo Público do Estado e a Secretaria de Estado da Administração.

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar os principais aspectos relacionados com o projeto, construção, transformações e intervenções na ponte Hercílio Luz em Florianópolis.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da dissertação estão listados a seguir:

- Levantar os principais aspectos históricos das pontes suspensas.

- Levantar os principais aspectos históricos e culturais relacionados com o tema e as transformações da paisagem.
- Analisar os aspectos relevantes da concepção e projeto da ponte.
- Caracterizar as etapas da construção da ponte.
- Identificar as principais transformações, serviços de manutenção e o estado atual da ponte.

1.3 MÉTODOS DA PESQUISA

A presente pesquisa utiliza o método exploratório e descritivo, que busca a caracterização tecnológica da ponte Hercílio Luz por meio do levantamento de dados infográficos e da organização sistemática dos documentos realizada por leitura e interpretação das informações. De outra parte, os aspectos históricos e culturais foram revisados por meio de livros, revistas, jornais, artigos técnicos, Internet e outras fontes de pesquisa relacionadas aos valores históricos e simbólicos da ponte Hercílio Luz. O levantamento de dados foi realizado por meio de palavras chave como monumento histórico, patrimônio cultural entre outros.

As informações básicas para a descrição da implantação e das transformações da paisagem foram revisadas por meio da interpretação de imagens e outras fontes de pesquisa referentes aos valores paisagísticos, turísticos, impactos e transformações da cidade de Florianópolis. Além disso, a caracterização dos projetos da ponte foi elaborada por meio da análise sistemática dos infográficos. O levantamento de dados foi realizado a partir dos documentos disponíveis pelos órgãos governamentais. Nesta situação buscou-se analisar as fontes primárias dos diversos projetos disponíveis.

O processo da construção foi caracterizado com base nas fotografias originais digitalizadas e nos artigos disponibilizados nos órgãos públicos estaduais. As informações básicas da construção da ponte foram também analisadas a partir das fotografias e documentos disponibilizados que constam na bibliografia deste trabalho. De outra parte, a descrição dos serviços de manutenção, das transformações da ponte e do seu estado atual foi realizada com base nos livros, revistas especializadas, artigos técnicos, Internet, visita à obra, entrevista, fotografias e outras fontes.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está estruturado em oito capítulos principais, além dos itens secundários, que estão abaixo relacionados:

O primeiro capítulo apresenta o assunto objeto de estudo, bem como os objetivos a serem alcançados, os métodos e técnicas de pesquisa. O segundo capítulo mostra um breve histórico das pontes metálicas, descrevendo o surgimento das pontes metálicas suspensas, as primeiras pontes suspensas no Brasil e a ponte tipo Florianópolis.

O terceiro capítulo aborda os principais aspectos históricos da ocupação da ilha de Florianópolis, das relações culturais da cidade no início do século XX e da vida do governador Hercílio Luz. Apresenta também o Museu da Ponte e os valores como Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico do Município por meio do tombamento. O terceiro capítulo refere-se ainda às principais características da implantação da ponte no Canal do Estreito e das transformações da paisagem no seu entorno. As transformações são apresentadas com fotos aéreas que abrangem todo o território do entorno. Os conceitos da paisagem cultural e do patrimônio tecnológico também são apresentados, finalizando com o valor simbólico relacionado ao turismo.

O quarto capítulo aborda a caracterização do projeto da ponte, no qual são apresentadas as informações sobre a concepção da forma original, as dimensões da estrutura e as previsões do uso. As esquematizações mostram a divisão estrutural da ponte em três partes e listam as nomenclaturas dos elementos que constituem a ponte para organizar a apresentação da sua estrutura separadamente. Os desenhos deste capítulo são adaptados do projeto.

O quinto capítulo explica o sequenciamento da construção da ponte Hercílio Luz por meio das fotografias originais. São apresentados os serviços realizados e os equipamentos utilizados na obra, assim como a organização e a logística do canteiro de obras. O capítulo apresenta também as etapas da construção na ordem cronológica. O sexto capítulo inicia com a apresentação das manutenções e transformações ocorridas na ponte após a sua inauguração. A segunda parte do capítulo sexto mostra as manifestações patológicas e o estado atual da ponte com fotografias. O capítulo encerra com as propostas para a restauração e a reabilitação da ponte.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões da dissertação e recomendações para elaboração de futuros trabalhos. Em seguida, o capítulo oitavo apresenta as referências. Por fim, os anexos são mostrados no final do trabalho.

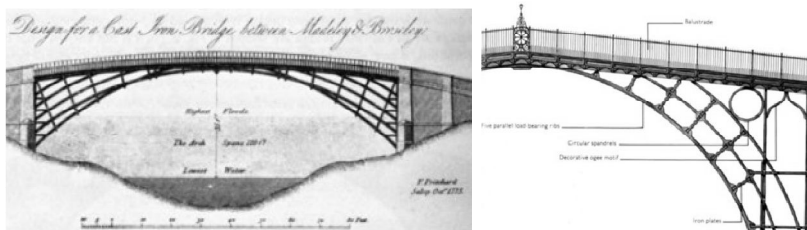
2 BREVE HISTÓRICO DAS PONTES METÁLICAS

Neste capítulo são apresentados brevemente algumas referências históricas das pontes suspensas metálicas, com objetivo de sintetizar a evolução tecnológica deste tipo de pontes. Para tanto são apresentadas algumas das principais pontes internacionais que contribuíram para o desenvolvimento das pontes suspensas assim como as principais pontes metálicas nacionais no contexto histórico em que foi construída a ponte Hercílio Luz. Neste capítulo são abordados também dois exemplos de pontes similares à ponte suspensa de Florianópolis, uma que entrou em colapso e outra que foi desmontada por razões de segurança estrutural.

2.1 O SURGIMENTO DAS PONTE METÁLICAS

A surgimento das pontes metálicas está diretamente relacionada ao desenvolvimento da produção industrial. A Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XVIII, foi resultado dos motores movidos a vapor e de outras máquinas que revolucionaram a engenharia, os meios de produção e o transporte da época. A arquitetura também passou por grandes transformações, em função dos conceitos de praticidade, rapidez e aceleração da economia. Neste contexto, as pontes passaram a ganhar destaque, em função das locomotivas e dos novos meios de locomoção para transpor vales e rios. De outra parte, deve-se observar que na Inglaterra, desde o fim do século XVII, já se utilizavam novas técnicas para produzir ferro em grande escala. Em 1707, Abraham Darby patenteou em Coalbrookdale um método de produção de postes de ferro usando fornalha a combustão. Seu descendente, Abraham Darby III, construiu em 1779 a ponte Ironbridge, utilizando integralmente o ferro fundido para transpor o rio Severn na Inglaterra. Naquele momento a produção do ferro fundido passou a utilizar o coque em substituição ao carvão vegetal, o que facilitou e viabilizou a sua produção em larga escala. O projeto desta ponte foi feito por Thomas Pritchard, utilizando os conceitos de estrutura com arcos e da experiência da construção de pontes com elementos de madeira. A ponte teve seus elementos de ferro fundido superdimensionados devido ao conhecimento restrito das propriedades do novo material. O projeto da ponte foi modificado com a colocação dos dois arcos que se apoiavam nos encontros de pedra para resistir aos esforços horizontais, conforme pode ser visto nas figuras 2.1 a e b.

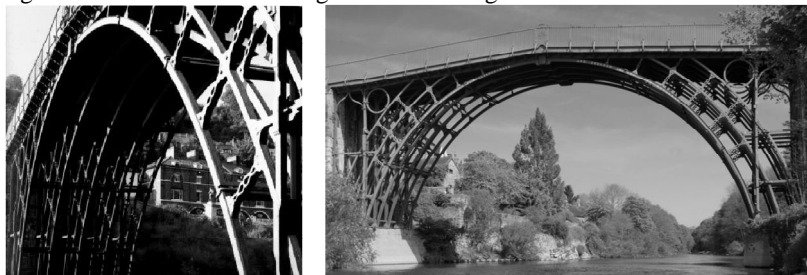
Figura 2.1: a – Proposta inicial da ponte Ironbridge em 1779 por Pritchard e b – modificação do arco composto por elementos de ferro fundido



Fonte: Robert E. Krieger Publishing Company, Inc. (1977) e Macmillan Publishing Company (1990).

Esta ponte formada por arcos semicirculares com vão de 30,6 metros (100') é formada por cinco arcos em cada lado, articulados na parte central. As ligações das peças de ferro fundido foram realizadas com rebites, conforme pode ser visto nas figuras 2.2 a e b.

Figura 2.2: a – arco da Ironbridge e b – Ironbridge



Fonte: Macmillan Publishing Company (1990) e David Ross (www.britainexpress.com).

A ponte Ironbridge foi um marco na construção de pontes com arcos, utilizando elementos de ferro fundido. Essa ponte, após alguns reforços e restaurações é mantida até os dias atuais, conforme pode ser visto nas figuras 2.3 a e b.

Figura 2.3: a – elementos de ferro fundido que unem os arcos principais e b – rebites utilizados na ligação entre elementos da Ironbridge.



Fonte: Peter Lewis (2003).

Em 2001, um modelo com a metade da escala da seção principal da Ironbridge foi reconstruído como parte de um programa experimental da produção televisiva da BBC (British Broadcasting Corporation), utilizando ferramentas e técnicas de produção do século XVIII. Foram estudados os processos de fabricação dos elementos de ferro fundido e das técnicas de construção daquela época, coordenadas pelo engenheiro Jamie Hilier e mostrados nas figuras 2.4 a e b.

Figura 2.4: a – Reprodução do antigo processo de fabricação dos elementos de arco de ferro fundido e b – Armazenamento dos novos arcos do modelo reduzido da ponte Ironbridge



Fonte: British Broadcasting Corporation <http://www.hdowns.co.uk> (2001/2002)

2.2 AS PRIMEIRAS PONTES METÁLICAS SUSPENSAS

Ponte pênsil ou ponte suspensa é um tipo de ponte sustentada por cabos ou tirantes de suspensão. As primeiras pontes suspensa modernas, com plataformas niveladas, são datadas dos século XIX, porém existem relatos desse modelo de ponte desde o século III. Pontes suspensas para travessia de pedestres e rebanhos de animais, já eram construídas pelos Incas utilizando corda de fibras naturais. Entretanto a forma que conhecemos hoje de ponte pênsil foi originada no início do século XIX. Um dos primeiros exemplos desse tipo são as pontes de Menai e Conwy, inauguradas em 1826, respectivamente na zona oeste de Londres e no norte do País de Gales. Desde então, pontes como essas começaram a ser construídas em muitos outros lugares. Esse tipo de ponte mostrou-se ideal para transpor grandes rios e sem interferir no tráfego de barcos.

Thomas Telford projetou a ponte suspensa Menai que realiza a ligação da ilha de Anglesey e a terra firme em Gales, utilizando elementos de ferro fundido. A ponte deveria permitir a passagem de barcos da Marinha Britânica com altura de passagem de trinta metros, como mostrado na figura 2.5. A construção começou em 1819 e foi finalizada em 1826 utilizando torres e viadutos de acesso de pedra sedimentar, denominada de limestone. O vão central da ponte de 176 metros foi suspenso por dezesseis cabos constituídos por 935 barras de olhal, conforme pode ser visto nas figuras 2.6 a e b.

Figura 2.5: Ponte Menai na Inglaterra com vão suspenso de 176 metros.



Fonte: Mark Warner (2008).

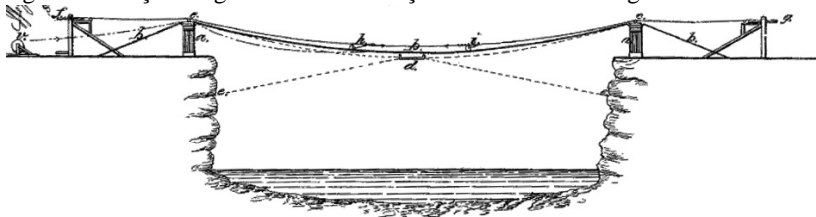
Figura 2.6: a – Viaduto de acesso e b – barras de olhal da ponte Menai.



Fonte: Roland's Ramble e Jason D. Walker (2008).

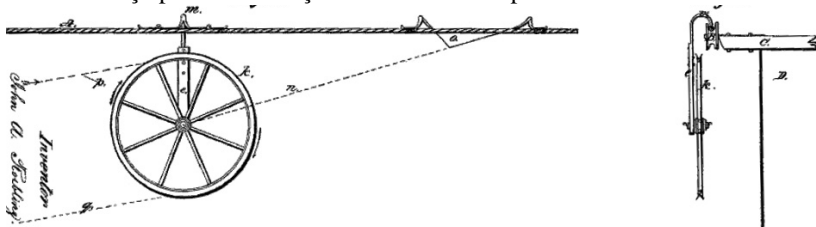
Outro grande destaque na época foi a construção da ponte pênsil em Niagara Falls, inaugurada em 1855, conhecida também como Niagara Railway Bridge. Ela foi a primeira ponte suspensa do mundo a passar uma ferrovia. O projeto foi elaborado por John A. Roebling, que patenteou um método para a construção da ponte suspensa. O desenho utilizado na descrição da patente pode ser visto nas figuras 2.7 e 2.8.

Figura 2.7: seção longitudinal da colocação dos cabos em Niagara Falls.



Fonte: John A. Roebling (1847).

Figura 2.8: a – método com cabos de suspensão desenvolvido por Roebling para a construção da ponte de Niagara Falls e b – seção da roldana de lançamento dos fios de aço para a construção dos cabos de suspensão.



Fonte: John A. Roebling (1847).

O método desenvolvido por Roebling era constituído por diversos dispositivos técnicos, para a passagem dos fios de aço que originam os cabos de suspensão. Duas torres principais são construídas no início da obra para suportarem os cabos principais da ponte. As torres são utilizadas como apoio durante o lançamento dos fios de aço no vão central. Durante a montagem dos cabos principais, uma pequena plataforma é suspensa no centro do vão para os operários regularem a tensão dos fios.

Em cada lado do vão são utilizadas duas roldanas horizontais por onde passa uma corda provisória, que atravessa o vão central, conhecida por corda sem fim. Estas roldanas são posicionadas atrás das torres, permitindo a movimentação de outra roldana, que realiza a passagem dos fios do cabo de suspensão. Outras duas roldanas verticais, mostrado na figura 2.8 a, atravessam o vão central, desenrolando os fios de aço que constituem o cabo principal. A roldana tem um diâmetro de cerca de 1,5 m, construída de madeira muito leve, que gira livremente em torno de um eixo conectado a uma haste vertical. A haste vertical de ferro tem a sua extremidade superior curvada como um arco, a qual está ligada a corda sem fim. O objetivo da extremidade curvada em arco, mostrado na figura 2.8 b é permitir a passagem da roldana sobre as torres, sem travar, chegando até a parte posterior da torre onde está a roldana horizontal. Além disso, um par de fios é conectado ao eixo da roldana, formando um pequeno triângulo de estabilidade na corda sem fim. Este triângulo também possui duas peças de ferro, dobrados como o arco, com a finalidade de permitir a passagem por cima das torres principais. O triângulo é utilizado para manter a posição vertical da roldana, quando a corda provisória é puxada longitudinalmente.

A primeira etapa da montagem é o lançamento dos fios de aço que, justapostos, formam o cabo principal. Os fios são armazenados em grandes bobinas posicionados em um dos lados da ponte. O fio de aço é preso na ancoragem, com a sua extremidade, e passado em volta da roldana. Como a roldana está presa à corda sem fim, esta corda é colocada em movimento, fazendo com que o restante do fio de aço seja atravessado no vão, ao mesmo tempo em que gira a bobina. A ação termina quando a roldana gira até atingir a margem oposta, repetindo o movimento para o outro lado. A corda sem fim pode ser operada nos dois sentidos, cuja força de movimentação é invertida no final de cada viagem. A bobina fornece grande quantidade de fio (680 kg de aço) de modo a formar o cabo principal com poucas emendas. Deste modo, as bobinas são emendadas umas nas outras, formando um único fio que é fixado nas barras de ancoragens.

Este método de construção acelerava o processo de montagem das pontes suspensas e permitia que os cabos de aço principais fossem construídos aos poucos, em função do seu peso final ser muito elevado. O processo facilitou a montagem do vão principal com 251 metros que ligava Ontario a New York. O projeto previa uma pista superior na qual passava a ferrovia e uma plataforma inferior onde passavam carroças e pedestres. Os dois níveis separados por 5,5 metros de altura, como pode ser visto nas figuras 2.9 a e b.

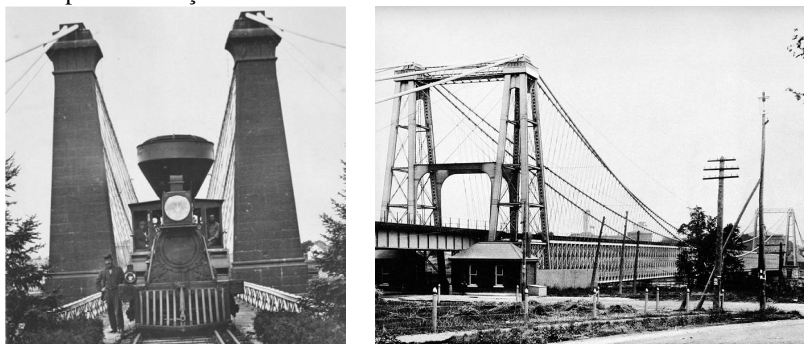
Figura 2.9: a – ponte suspensa de Niagara Falls e b – trem realizando a travessia.



Fonte: www.infoniagara.com e Kiwanis Historical Photo Collection, Frank Flay (1860).

O sistema de suspensão era constituído por um sistema de cabos de aço que suportavam 1000 toneladas no vão central. A necessidade de baixar os custos durante a construção obrigou os engenheiros a adotarem uma estrutura de madeira que se deteriorou e foi substituída por peças metálicas em 1880. As torres de pedra também foram posteriormente substituídas por torres metálicas. A produção de ferro de alta resistência e de aço com a introdução de carbono na liga foi viabilizada industrialmente pelo processo de Henry Bessemer. As figuras 2.10 a e b apresentam os dois desenhos da ponte, antes e após a substituição das peças originais pelas peças metálicas, o que tornou possível seu funcionamento até 1897.

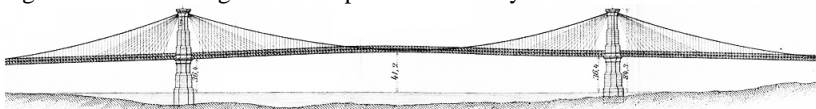
Figura 2.10: a – ferrovia ativada antes de 1886 e b – ponte suspensa de Niagara Falls após restauração realizada em 1886.



Fonte: Museum of Photographic Arts e Desconhecido (cerca de 1890).

O ferro fundido por apresentar grande corrosão e pouca resistência mecânica não atendia plenamente as necessidades da Revolução Industrial. Em 1855, Henry Bessemer patenteou um novo tipo de fornalha que permitia a produção do aço em escala industrial por meio de uma liga metálica mais resistente, obtida com adição de carbono. Pouco depois, em 1869, este aço já era utilizado na construção da Brooklyn Bridge, projetada também por John A. Roebling. Esta ponte era a primeira no mundo feita de aço. Desde então, o aço passou a ser um dos materiais mais usados na construção das grandes pontes. A ponte do Brooklyn com vão livre de 486,3 metros foi inaugurada em 1883, sendo considerada então a maior do mundo, cuja extensão total de 1825 metros é mostrada na figura 2.11.

Figura 2.11: vista longitudinal da ponte do Brooklyn.

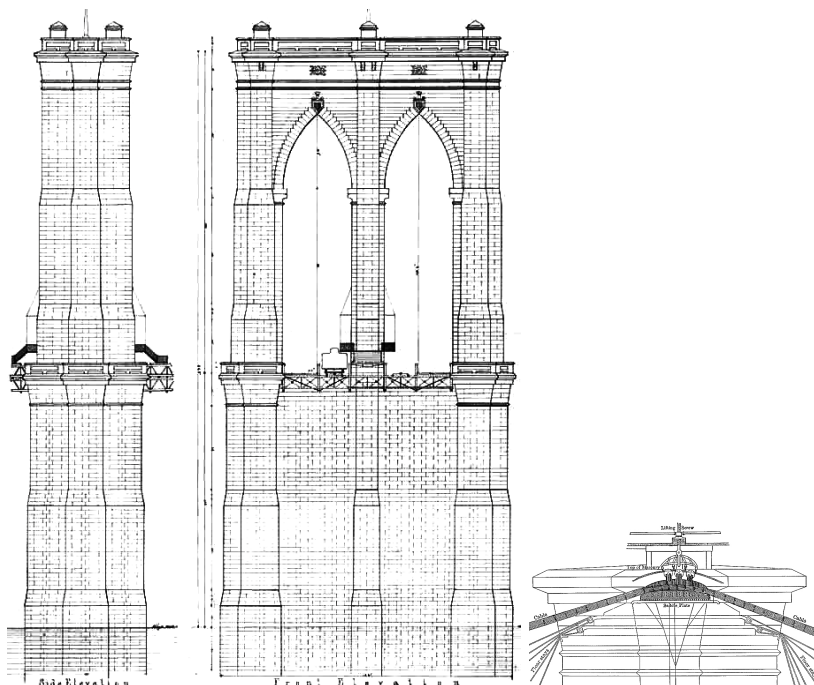


Fonte: www.wallpapers99.com

As torres da Brooklyn Bridge foram construídas com granito, sendo recortadas por arco gótico, como pode ser visto na figura 2.12 a. A altura total das torres sobre a água é de oitenta e quatro metros. As ancoragens pesam 60 mil toneladas e o peso total da ponte, considerando a estrutura metálica e o granito, é de 14.680 toneladas. Durante a construção foi utilizado o método de lançamento de cabos

patenteados por Roebling, conforme pode ser visto no detalhe da figura 2.12 b.

Figura 2.12: a – elevação lateral e frontal da torre e b – detalhe da sela de apoio dos cabos de suspensão da Brooklyn Bridge.



Fonte: National Archives and Records Administration e Cheng (2007).

Os quatro cabos de aço com aproximadamente quarenta centímetros de diâmetro passam pela parte superior das torres. Cada cabo é constituído por 5434 fios de aço, resultando em um total de 391 km de fio de aço. Este cabo apresenta um peso final de 786 toneladas e comprimento total de 1090 metros. Na figura 2.13 pode ser observado a roldana patenteada por Roebling e o processo de lançamento dos fios de aço que formam os cabos principais.

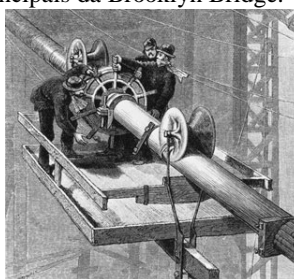
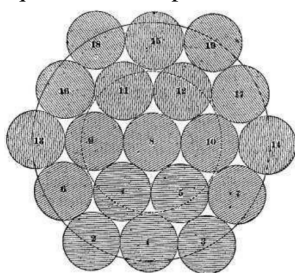
Figura 2.13: sistema de lançamento dos fios de aço em roldana desenvolvidos por Roebling para a ponte do Brooklyn.



Fonte: www.nycvintageimages.com (1877).

Os cabos principais de suspensão da ponte eram formados por dezenove cabos de aço com aproximadamente 7,5 cm de diâmetro, conforme pode ser visto na figura 2.14 a. O lançamento dos cabos era realizado de modo simétrico iniciando pelo primeiro que está na base e depois em uma sequência que busca a simetria, apoiando um sobre o outro. O envelopamento destes dezenove cabos era realizado por uma máquina, ilustrada na figura 2.14 b, que reveste por meio de fios em uma espiral a superfície externa do cabo de suspensão. Posteriormente, este revestimento passava ainda por um processo de galvanização de modo a gerar proteção à corrosão.

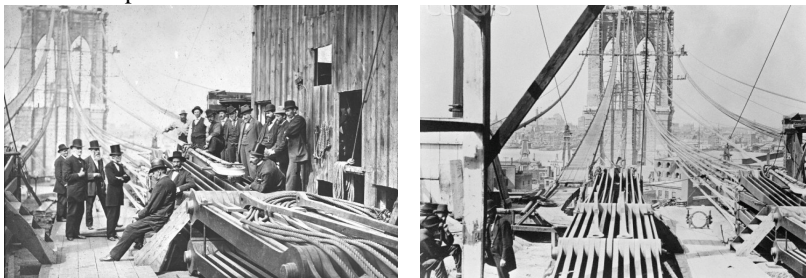
Figura 2.14: a – lançamento dos fios para a formação dos cabos de suspensão e b – máquina de envelopamento dos cabos principais da Brooklyn Bridge.



Fonte: Cheng (2007).

Os quatro cabos de suspensão eram ancorados nos conjuntos de barras de olhais que por sua vez eram fixados nos maciços de ancoragem da ponte, como ilustrado nas figuras 2.15 a e b.

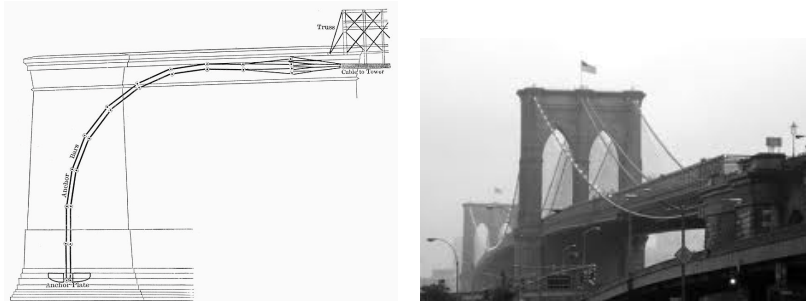
Figura 2.15: a – montagem das barras de olhal nas ancoragens e b – fixação dos cabos de suspensão nas barras de olhal



Fonte: www.pdxretro.com e www.corbisimages.com

Próximo aos maciços de ancoragem os cabos eram fixados por grandes pinos na extremidade das barras de olhal, transmitindo os esforços para os maciços, conforme mostrados nas figuras 2.16 a e b. Devido às grandes dimensões dos blocos, a transmissão dos esforços era realizada por um conjunto de barras que partiam da horizontal e chegavam verticalmente ao fundo do maciço de ancoragem, conforme mostrado na figura 2.16 a.

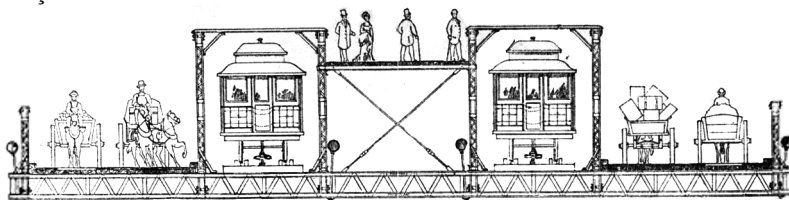
Figura 2.16: a – seção do maciço de ancoragem com as barras de olhal e b – vista lateral da ligação do cabos com o maciço de ancoragem da Brooklyn Bridge.



Fonte: Granger (www.fineartamerica.com).

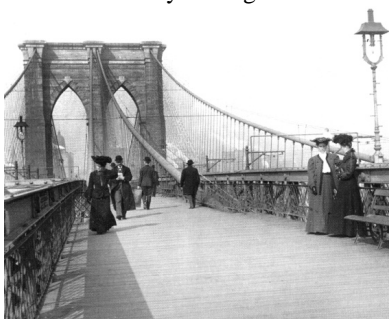
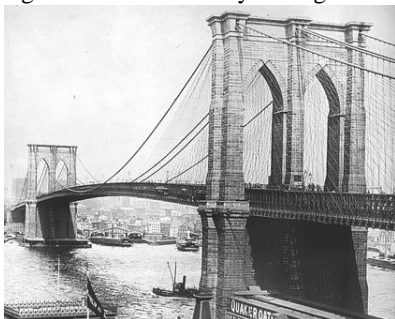
O projeto original apresentava uma passarela superior, duas ferrovias e duas vias para carroças em cada lateral da ponte. Essas últimas com capacidade para passar duas carroças ao mesmo tempo, como ilustrado nas figuras 2.17 e 2.18. Em 1902, quando a ponte ainda apresentava esta configuração de uso, eram realizadas 341 mil travessias diariamente.

Figura 2.17: seção da ponte do Brooklyn, mostrando a passarela, os trilhos e as carroças.



Fonte: Cheng (2007)

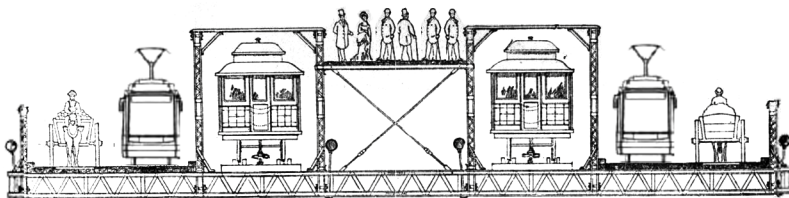
Figura 2.18: a – Brooklyn Bridge e b – Passeio da Brooklyn Bridge.



Fonte: www.mfs-theresourcecenter.blogspot.com.br e B. Merlis (cerca de 1890)

Em 1907, a ponte passou por uma configuração, aumentando para 426 mil travessias. Nesta nova configuração, as pistas das extremidades foram modificadas para a utilização de bondes elétricos e carros, conforme pode ser visto nas figuras 2.19 e 2.20. As duas ferrovias foram desativadas em 1944, sendo que os bondes elétricos funcionaram até 1950.

Figura 2.19: seção da ponte do Brooklyn, mostrando a passarela, os trilhos, os bondes e as carroças.



Fonte: adaptado de Cheng (2007).

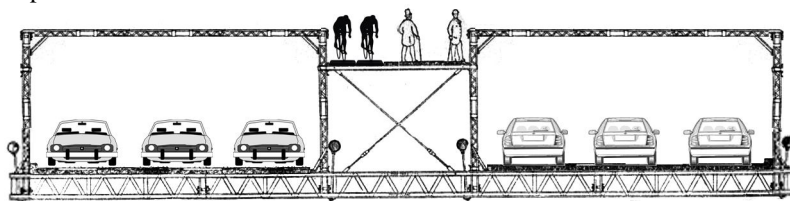
Figura 2.20: viaduto de acesso da Brooklyn Bridge, mostrando a passarela, os trilhos, os bondes e as carroças.



Fonte: www.nycvintageimages.com

Hoje a ponte possui uma faixa de pedestres e uma ciclovia no passeio, além de seis pistas para carros, como mostrado na figura 2.21. Em 1989, o tráfego diário era de 178 mil, sendo que em 2008 foi registrado um tráfego diário de 123,781 mil veículos.

Figura 2.21: seção da Brooklyn Bridge, mostrando a passarela com ciclovia e seis pistas de carros nas laterais.



Fonte: adaptado de Cheng (2007).

Neste período as pontes suspensas tornaram-se um tema de destaque na sociedade norte americana. David B. Steinman, que viria a tornar-se um dos mais eminentes construtores de pontes, atribuiu sua ambição profissional pelo impacto que a Brooklyn causou nele quando era criança. Steinman vivia em um cortiço no Lower East Side de Manhattan, onde ele podia ver a ponte pela janela de seu quarto. Em sua atividade profissional, ele projetou além da ponte Hercílio Luz em Florianópolis, muitas outras pontes tais como a Ponte Mount Hope, em Rhode Island, o Mere Grande, no Quebec, o Henry Hudson sobre o Duyvil Spuyten Creek, em Nova York, e mais tarde foi escolhido para modernizar a Brooklyn Bridge, a ponte que ele mais admirava. Em 1948, Steinman projetou um reforço para ser adicionado ao longo das pistas da ponte do Brooklyn, garantindo maior segurança para o tráfego de novos veículos e aumentou a capacidade de fluxo das suas rodovias. As pistas para bondes e a ferrovia elevada foram removidas, sendo alargadas para três vias em cada sentido, segundo Mccullough (1972) estas mudanças custaram mais de nove milhões de dólares e alterou muito pouco a aparência da ponte.

Em 1964, a ponte foi oficialmente declarada monumento histórico dos Estados Unidos. Ela suporta o fluxo de 121.000 veículos por dia e nos domingos de bom tempo, passavam ali uma média de mil pessoas a passeio ou de bicicleta, como ilustrado na figura 2.22. A ponte custou aproximadamente 15,5 milhões de dólares, tendo-se registro que 27 pessoas morreram nas atividades de construção.

Figura 2.22: ponte do Brooklyn, cabos de aço, pistas de carros e passarela.



Fonte: www.glamvalley.com

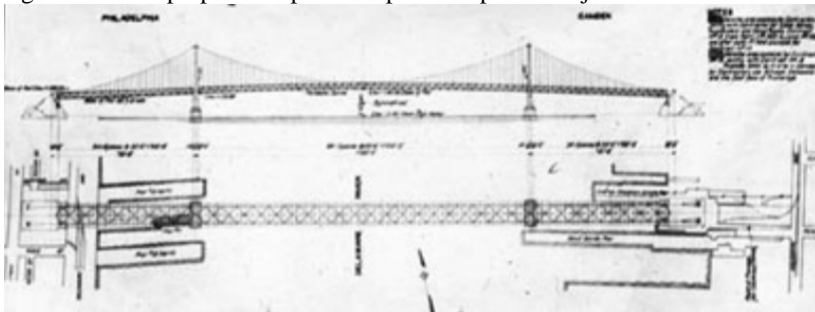
2.3 AS PONTES SUSPENSAS COM TORRES METÁLICAS

A utilização de torres metálicas para a suspensão dos cabos representou uma evolução na construção das pontes suspensas em função da rapidez dos processos e de permitir uma mesma logística para as operações de montagem. No dia 1 de julho de 1926, no mesmo ano da inauguração da ponte Hercílio Luz, a ponte Benjamin Franklin foi inaugurada nos Estados Unidos, como mostrado no projeto da figura 2.23. Inicialmente denominada de Delaware River Bridge, conectando New Jersey e Philadelphia. Seu vão principal de 533,4 m e seu comprimento total de 2917,86 metros superava as dimensões das pontes existentes da época. O custo da construção foi de trinta e sete milhões de dólares.

Ralph Modjeski foi o responsável pela construção da ponte Benjamin Franklin, com projeto realizado por Paul Philippe Cret e Leon Moisseieff. Duas propostas foram analisadas: a ponte cantilever e a ponte suspensa. A ponte suspensa foi escolhida por ter seu financiamento facilitado pois a obra podia ser dividida em segmentos por diversas empresas e contratos específicos. Após esta decisão foram montadas maquetes para a comunidade ajudar na escolha da melhor

localização. Os critérios que definiram a localização foram o custo, a geologia e o impacto na comunidade.

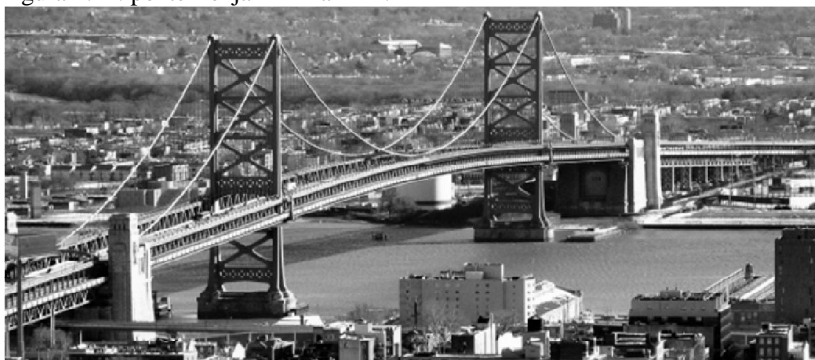
Figura 2.23: a – proposta de ponte suspensa da ponte Benjamin Franklin.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

A estrutura da ponte Benjamin Franklin é constituída por duas torres principais de aço, dois maciços de ancoragem de concreto, dois cabos principais com fios de aço e viadutos de acesso suspensos, conforme apresentado na figura 2.24.

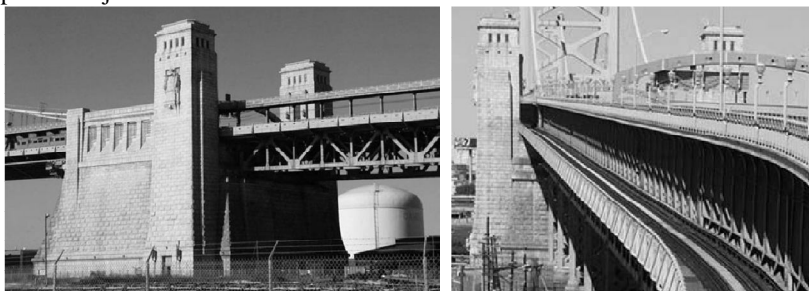
Figura 2.24: ponte Benjamin Franklin.



Fonte: www.apconstruction.com

Os maciços de ancoragem foram projetados para abrigar uma estação de trem com o objetivo de integrar por meio de elevadores, os trens e os bondes com a circulação de pedestres no nível térreo, conforme ilustrado nas figuras 2.25 a e b. Devido à popularização do carro e redução do tráfego de pedestres, os bondes nunca chegaram a atravessar a ponte e as suas estações nunca foram utilizadas.

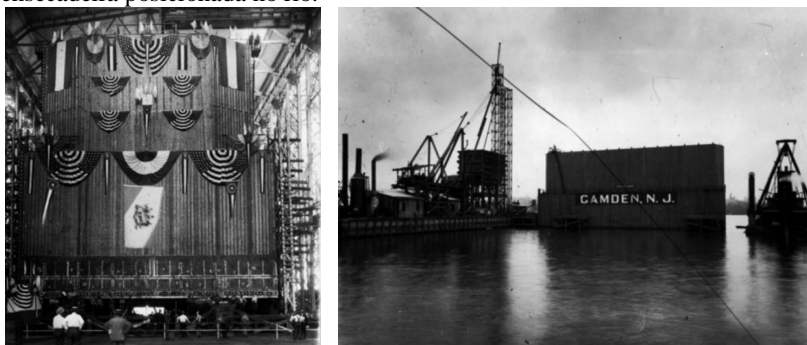
Figura 2.25: a – maciço de ancoragem com estação de trem e b – ferrovia da ponte Benjamin Franklin.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey e www.visualphotos.com

As fundações das torres principais foram construídas utilizando uma ensecadeira em forma de caixa com 15 x 21 metros aproximadamente. Estas ensecadeiras foram construídas fora da água e colocadas em uma exposição, posteriormente sendo lançadas no rio, conforme pode ser visto nas figuras 2.26 a e b.

Figura 2.26: a – ensecadeira em exposição antes de ser lançada no rio e b – ensecadeira posicionada no rio.

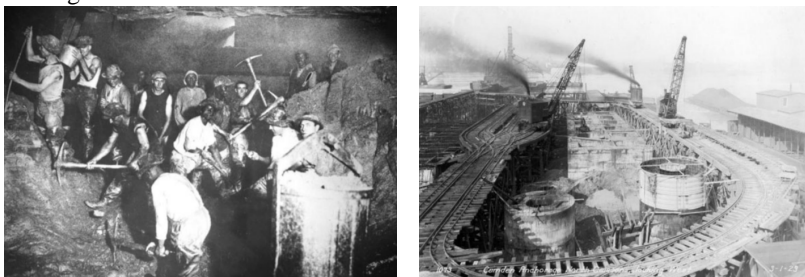


Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

Após o posicionamento das ensecadeiras, os operários trabalhavam em uma câmara dentro das mesmas para retirar a areia, lama e a rocha, conforme ilustrado na figura 2.27 a. Conforme os trabalhadores retiravam o material do fundo do mar a ensecadeira descia, cravando em rocha. Esta câmara chegou até vinte e cinco metros de profundidade permitindo a realização das fundações das torres principais. Foram necessários dezoito meses para terminar os serviços

nas fundações. As ensecadeiras também foram utilizadas para a construção dos dois maciços de ancoragem, conforme pode ser visto na figura 2.27 b. Guindastes móveis e trilhos foram construídos para facilitar o transporte e montagem das ensecadeiras.

Figura 2.27: a – operários dentro da ensecadeira e b – ensecadeira no maciço de ancoragem.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

Os maciços de ancoragem foram construídos para a ligação dos cabos principais que estão amarrados nas barras de olhal engastadas dentro do maciço, conforme pode ser visto na figura 2.28 a. Após o término das fundações principais, foram retiradas as formas de madeira da parte superior, revestindo-as com blocos de granito, como apresentado na figura 2.28 b. As câmaras internas das fundações foram preenchidas com concreto.

Figura 2.28: a – maciço de ancoragem com barras de olhal e b – finalização da fundação das torres principais.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

A construção das torres principais foi realizada com o auxílio de uma torre ou guindaste para erguer as peças na sequência da montagem. Este guindaste era erguido na mesma altura da torre principal conforme

as peças eram colocadas, conforme mostrado na figura 2.29 a. Após a construção das duas torres principais foi possível lançar os dois cabos principais, como apresentado na figura 2.29 b.

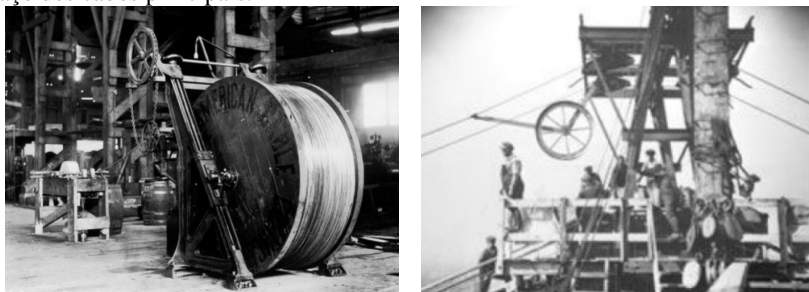
Figura 2.29: a – início da construção da torre principal e b – lançamento dos cabos principais.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

O cabo principal era muito pesado para ser lançado diretamente de uma torre a outra, portanto foram lançados fio por fio, constituindo assim os cabos principais. Os fios eram armazenados em grandes carretéis com vinte e quatro mil metros de extensão, como apresentado na figura 2.30 a. Foram utilizados mais de quarenta mil quilômetros de fio de aço para construir os dois cabos principais. O lançamento dos fios era realizado com o método patenteado por Roebling, como ilustrado na figura 2.30 b. O processo de lançamento dos fios durou aproximadamente seis meses.

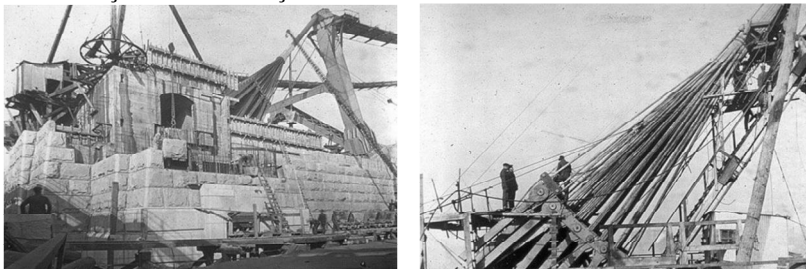
Figura 2.30: a – fio de aço armazenado em carretel e b – lançamento dos fios de aço dos cabos principais.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

Os maciços de ancoragem construídos de concreto foram revestidos com blocos de granito da Stone Mountain na Georgia, como ilustrado na figura 2.31 a. As diversas barras de olhal engastadas no maciço realizavam a ancoragem dos cabos principais, como apresentado na figura 2.31 b.

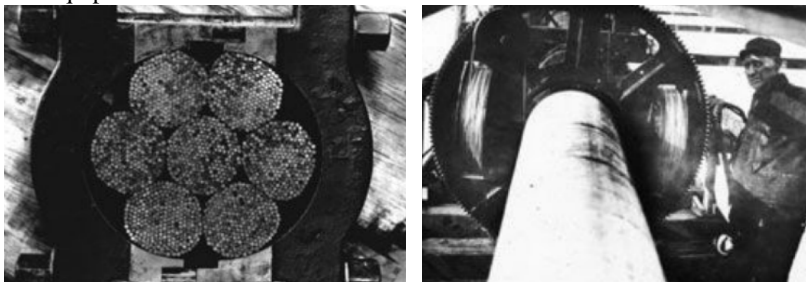
Figura 2.31: a – revestimento do maciço de ancoragem com blocos de granito e b – amarração dos fios de aço nas barras de olhal.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

Os cabos principais eram compostos por sete cabos menores formados por diversos fios de aço, conforme apresentado na figura 2.32 a. Após a colocação dos cabos menores o cabo principal era então envelopado, como ilustrado na figura 2.32 b.

Figura 2.32: a – cabo de aço principal e b – envelopamento do cabo principal com equipamento hidráulico.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

Um equipamento hidráulico era utilizado para pressionar e compactar os cabos menores para formar o cabo principal, conforme mostrado na figuras 2.33 a e b. Uma passarela era posicionada abaixo dos cabos para os operários realizarem os serviços de envelopamento dos cabos e transportar os equipamentos de montagem.

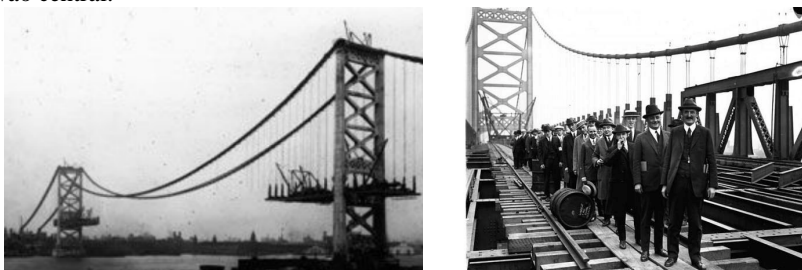
Figura 2.33: a – equipamento hidráulico para envelopamento do cabo principal e b – passarela de serviço para a montagem dos cabos.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey.

O tabuleiro e os viadutos de acesso foram construídos após a montagem dos cabos principais, como apresentado nas figuras 2.34 a e b. No vão central e nos viadutos de acesso foram colocados pendurais constituídos de cabos de aço que sustentam as pistas de veículos. Os viadutos de acesso que não eram suspensos apoiavam-se em pilares de concreto.

Figura 2.34: a – construção do tabuleiro, b – construção das peças metálicas do vão central.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey e www.ahistorywriter.blogspot.com.br.

Aproximadamente cem mil pedestres atravessaram a ponte quando foi inaugurada em 1926, como pode ser visto na figura 2.35 a. A ponte Benjamin Franklin foi projetada para seis pistas de carros, duas linhas ferroviárias, duas linhas para bondes e duas passarelas para pedestres. Em 1951, as duas linhas destinadas para os bondes foram retiradas e pavimentadas para criar mais duas pistas para carros, como mostra a figura 2.35 b.

Figura 2.35: a – travessia de pedestres durante a inauguração da ponte e b – tráfego de veículos.



Fonte: Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey

A estrutura principal da ponte Benjamin Franklin apresenta leveza e rigidez. Esta forma leve conferiu agilidade no processo de construção e segurança estrutural. Os maciços de ancoragem, onde são fixados os cabos de aço na parte externa do vão central, são muito mais pesados do que as torres principais. Alguns detalhes da ligação do cabo principal são apresentados na figura 2.36 a. Os pendurais que transferem o carregamento da pista de veículos para os cabos principais são mostrados na figura 2.36 b.

Figura 2.36: a – vista da torre principal e a ligação do cabo principal e b – cabo principal com pendurais.



Fonte: www.flickr.com/photos/chrisinphilly5448/2259318550/ e www.philly1.com.

2.4 O SURGIMENTO DAS PONTES SUSPENSAS NO BRASIL

As primeiras pontes metálicas no Brasil eram importadas em função das limitações de produção de ferro fundido e do aço no país. Estas pontes de pequeno e médio porte para época, começaram a ser importadas no século XIX. Algumas destas pontes constituíram marcos geográficos e paisagísticos, incrementando o desenvolvimento ferroviário e rodoviário do país. Entre elas, A ponte pênsil de Caxangá, inaugurada em 1842, foi construída para ligar a cidade de Paudalho,

interior do estado de Pernambuco, à capital, Recife, cortando assim o Rio Capibaribe. A ponte foi destruída em 1869, devido a uma forte cheia no rio, em seu lugar foi construída uma nova ponte de ferro. A figura 2.37 ilustra a antiga ponte.

Figura 2.37: Ponte Pênsil Afonso Pena sobre o Rio Sapucaí.



Fonte: www.old.diariodepernambuco.com.br

A ponte Affonso Penna, localizada em Goiás e ilustrada nas figuras 2.38 a e b, foi fabricada na Alemanha e montada em Itumbiara. Posteriormente esta ponte foi desmontada e reconstruída na mesma cidade porém para ligar a vila de Furnas em Itumbiara e a cidade de Araporã em Minas Gerais, sobre o Rio Paranaíba.

Figura 2.38: a – Ponte Affonso Penna na cidade de Itumbiara, GO e b – vista da pista central da ponte Affonso Penna.



Fonte: www.araporanet.webnode.com.br e www.hotelriosul.com.br.

Considerada um marco para a integração do Estado de Goiás, a ponte Affonso Penna foi inaugurada em novembro de 1909, representando a integração centro-sul na era da Revolução Industrial e, ainda hoje, é considerada um dos símbolos históricos de Goiás. A ponte é considerada a mais antiga ponte pênsil do Brasil e foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional em 2012. Foi por

ela que passou o primeiro automóvel naquele estado, quando um comerciante local decidiu dinamizar o transporte de mercadorias. Além disso, teve um papel preponderante nos projetos de interiorização do país e da construção de Brasília. Cerca de 80% do material necessário à construção da nova capital passaram por esta ponte. São 158 metros de comprimento e 48 de largura, em uma estrutura de ferro e tabuado de madeira, que é inteiramente suspenso por cabos de aço.

Produzida na Alemanha, a ponte Affonso Penna desembarcou no Rio de Janeiro, de onde seguiu para São Paulo. De lá, foi para Jundiá em São Paulo pela ferrovia São Paulo Railway e depois para Uberlândia em Minas Gerais. A partir desse ponto, elas seguiram em carros-de-bois até o Rio Paranaíba, onde foi montada. Anos mais tarde, a velha ponte já não suportava mais a demanda de veículos. Em função da construção da usina hidrelétrica de Furnas, uma nova ponte, maior e de concreto foi construída para ser o novo elo entre Minas Gerais e Goiás. A ponte Affonso Penna ficou então desativada. Entretanto em 1974, a usina de Furnas precisava ligar a vila dos engenheiros, localizada em Itumbiara, à vila operária, construída em Araporã. Deste modo, a Affonso Penna foi desmontada e deslocada 2,5 quilômetros rio abaixo.

Na história das pontes pênsis no Brasil existem duas pontes com o mesmo nome. A outra ponte pênsil Afonso Pena localiza-se em São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais e também foi fabricada na Alemanha. A ponte suspensa liga São Gonçalo do Sapucaí ao município de Turvolândia, cruzando o rio Sapucaí. O maior vão livre da ponte tem noventa metros e o comprimento total é de 132 metros. A construção foi iniciada em 1905 e encerrada em 1911. A estrutura principal é constituída de madeira sustentada por cabos de aço, como apresentado nas figuras 2.39 a e b. Suas fundações foram construídas com pedras de granito, já os maciços de ancoragem são em rocha. A suspensão é realizada por dezoito cabos de aço, pesando aproximadamente uma tonelada cada um.

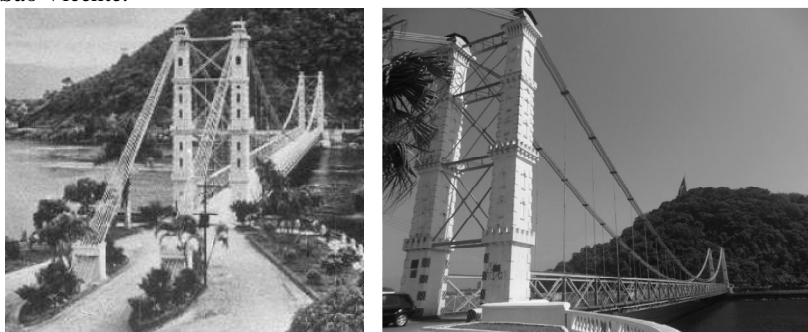
Figura 2.39: a – Ponte Pênsil Afonso Pena sobre o Rio Sapucaí e b – ponte Afonso Pena.



Fonte: Arquivo Público Mineiro e www.turvolandia-mg.weebly.com

Outra ponte pênsil de destaque é a ponte de São Vicente, que foi construída em 1914, ligando a ilha de São Vicente ao município de Praia Grande, no estado de São Paulo, como pode ser observado nas figuras 2.40 a e b.

Figura 2.40: a – vista superior da Ponte São Vicente e b – vista inferior da Ponte São Vicente.



Fonte: www.novomilenio.inf.br e Helen.

Após minuciosos estudos e aval do governador de São Paulo, Francisco Alves, o material para a construção da ponte foi encomendado à Casa August Klönne Dortoneud na Alemanha em fevereiro de 1911, foi assinado contrato com a firma Trajano de Medeiros & Cia, do Rio de Janeiro, para a montagem da ponte. A ponte São Vicente transformou o Litoral Sul, até então abandonado, possibilitando a expansão urbanística da região. Tombada pelo Condephaat em abril de 1982, esta ponte com 180 metros sobre o mar Pequeno, apresenta torres de 23 metros de altura, sendo que 8 metros estão abaixo do nível do mar. Esta ponte tornou-se cartão postal de São Vicente e atuou como marco da economia da região. Ela continua ainda hoje, servindo como meio de comunicação e integração do litoral paulista.

A ponte Alves Lima, apresentada na figura 2.41, está localizada entre as cidades de Ribeirão Claro no Paraná e Chavantes em São Paulo, cruzando o rio Paranapanema. Em 1985 e 2001 foi tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico e Artístico de São Paulo e pelo Conselho Estadual do Patrimônio Histórico do Paraná. O objetivo da sua construção foi escoar a produção cafeeira do norte paranaense no início do século XX, sendo inaugurada em 1920.

Figura 2.41: Ponte Pênsil Alves Lima.



Fonte: autor desconhecido

A ponte passou por diversas transformações ao longo dos anos. Em 1924, a ponte foi queimada pelos revoltosos paulistas durante a Revolução de 1924, sendo reconstruída em 1928. Em 1932, a ponte foi destruída pelas tropas da Revolução Constitucionalista, sendo reconstruída em 1936. Em 1983, a ponte foi destruída por uma enchente no rio Paranapanema e reconstruída em 1985. Em 2006, finalmente, a ponte foi interditada para reformas e reaberta em 2011. O comprimento total da ponte é de 164 metros e uma largura de 4,1 metros. O sistema estrutural é formado por duas torres principais e um sistema de suspensão com cabos de aço, como apresentado nas figuras 2.42 a e b . Além disso, a ponte apresenta laterais e piso revestidos de madeira.

Figura 2.42: a – Ponte Pênsil Alves Lima e b – ponte Alves Lima.



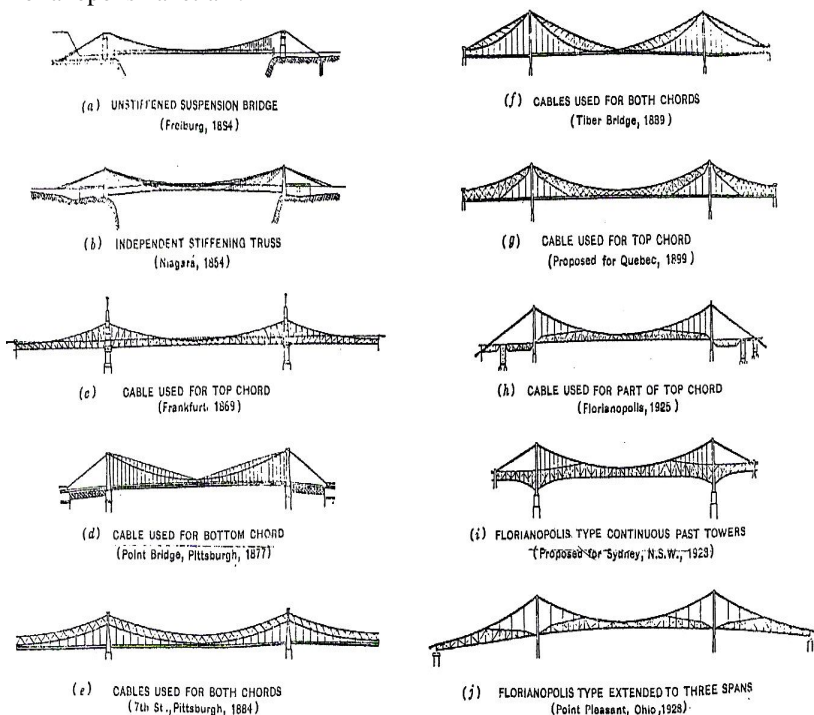
Fonte: www.pjchavantes.blog.terra.com.br e www.aprendendoporai.blogspot.com.br.

2.5 A PONTE SUSPENSA DE FLORIANÓPOLIS

A ponte Hercílio Luz foi construída de 1922 a 1926 em Florianópolis, ligando a ilha de Santa Catarina ao continente. O engenheiro americano David B. Steinman a projetou com grande engenhosidade. A configuração desta ponte tornou-se conhecida na história da engenharia como a “ponte tipo Florianópolis”. Os cabos principais que suspendem a ponte são formados por barras de olhal e no

vão central elas fazem parte da treliça de rigidez do vão suspenso. A figura 2.43 apresenta diversos tipos de pontes, entre elas a ponte Hercílio Luz e duas variações do seu tipo.

Figura 2.43: quadro com dez tipos de pontes suspensas, indicando o tipo Florianópolis na letra h.



Fonte: Steinman (1926).

As torres principais também apresentaram uma variante para a tecnologia da época. A estrutura da torre era formada por peças metálicas treliçadas, muito mais leves do que as antigas torres de pedra, transferindo grande parte dos esforços para os maciços de ancoragem. As bases das torres principais ainda possuíam rótulas, diferenciando do sistema de apoio convencional utilizado em outras pontes metálicas suspensas. As torres principais e a estrutura do vão central podem ser observados na figura 2.44.

Figura 2.44: ponte Hercílio Luz pintada de preto em 1926.



Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina.

A ponte Hercílio Luz, com estes diferenciais foi um marco da engenharia, tornou-se uma nova tipologia de ponte pênsil e referência internacional. Após a sua construção, duas outras pontes foram inspiradas na sua tipologia e construídas nos Estados Unidos, a Silver Bridge e a Saint Marys Bridge.

2.6 PONTES CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA TIPO FLORIANÓPOLIS

As pontes Silver Bridge e Saint Marys, apesar de adotarem o mesmo sistema construtivo, denominado Florianopolis Type, não se mostrou uma solução de fácil manutenção e de grande viabilidade. A Silver Bridge, apresentada na figura 2.45, construída em 1928 localizava-se entre os estados americanos Virginia e Ohio, cruzando o rio Ohio.

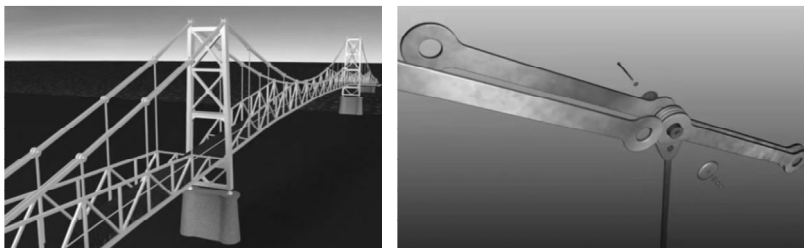
Figura 2.45: Silver Bridge.



Fonte: www.rebar.ecn.purdue.edu

A estrutura da Silver Bridge foi construída utilizando a mesma configuração da ponte de Florianópolis. As barras de suspensão estavam incorporadas na treliça de rigidez do vão central e as bases das torres principais eram apoiadas em rótulas, como pode ser visto na figura 2.46 a. Entretanto, as duas pontes apresentavam algumas diferenças estruturais. A fundação da torre principal foi construída com um bloco único que apoiava as duas pernas da torre. A corrente de suspensão era composta por segmentos com duas barras conectadas por um pino, unindo quatro barras de olhal, como pode ser visto na figura 2.46 b.

Figura 2.46: a – modelo tridimensional da Silver Bridge e b – ligação das duas barras de olhal.



Fonte: The Open University.

Em 1967, a ponte desabou, como pode ser visto nas figuras 2.47 a e b, durante um tráfego intenso de veículos, matando quarenta e seis pessoas. As investigações realizadas na época indicaram que uma barra de olhal rompeu no sistema de suspensão. Outra análise indicou que a ponte estava sobrecarregada, não respeitando o dimensionamento do projeto. Este estudo mostrou que a manutenção da estrutura metálica não estava sendo realizada como previsto segundo The Forensic Engineering team (2007) da Open University.

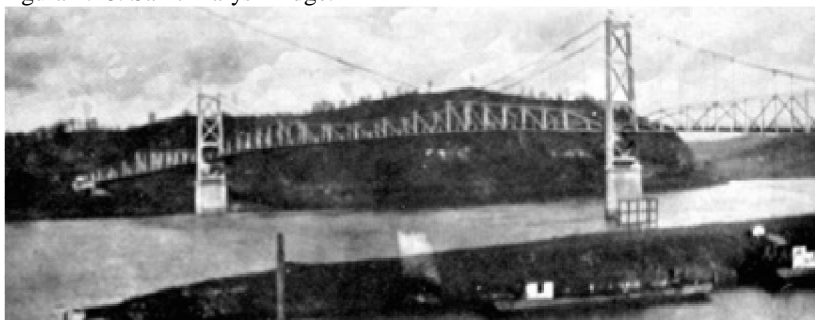
Figura 2.47: a e b – desabamento da Silver Bridge.



Fonte: www.silverbridgeaccident.webs.com e www.cranehotline.com.

Por cem anos diversas pontes já haviam sido construídas com barras de olhal quando a Silver Bridge foi construída, mas a estrutura de suspensão era formada por segmentos de quatro a seis barras e ainda duas correntes ou mais, como era o caso da ponte de Menai. A ruptura de uma barra de olhal comprometeu a suspensão da ponte gerando o colapso total. Após o desabamento da Silver Bridge, foram avaliadas as condições de segurança de diversas pontes antigas nos Estados Unidos e os protocolos de inspeção foram revisados. Naquela época, apenas duas pontes apresentavam a mesma tipologia de suspensão, a ponte Hercílio Luz e a ponte Saint Marys, apresentada na figura 2.48.

Figura 2.48: Saint Marys Bridge.



Fonte: www.wvgenweb.org

A Saint Marys Bridge também foi construída com base no tipo Florianópolis, mas a sua estrutura de suspensão era composta por segmentos de duas barras de olhal, semelhante a da Silver Bridge. O tráfego de veículos na Saint Marys Bridge foi imediatamente interditado após o colapso e a ponte foi desmontada pelo governo do estado de Ohio em 1971. Na desmontagem da ponte St. Marys foi mantida a suspensão com barras de olhal para a retirada dos elementos da treliça, sem o uso de uma estrutura auxiliar, como pode ser visto nas figuras 2.49 a e b.

Figura 2.49: a – demolição da Saint Marys Bridge e b – demolição da Saint Marys Bridge.



Fonte: www.bridgemeister.com

A construção da ponte Hercílio Luz foi realizada dentro do contexto do desenvolvimento das pontes suspensas no qual o ferro e o aço passaram a ser produzidos em grande escala. No século XIX já existiam pontes metálicas no Brasil, sendo que algumas de menor porte já haviam sido construídas em Santa Catarina. A estrutura metálica destas pontes era importada, de modo semelhante ao da ponte Hercílio Luz. A tipologia da ponte Hercílio Luz foi uma referência internacional, apesar disso a tecnologia de suspensão com cabos de aço, que já existia na época, mostrou-se mais segura e de mais fácil manutenção. Naquele período, para construir com a tecnologia construtiva com cabos de suspensão formados por fios devia-se pagar royalties à patente de Roebling que então vigorava. Este provavelmente foi o elemento que induziu a utilização das barras de olhal para as correntes de suspensão da ponte Hercílio Luz, pois resultou em uma redução de custos.

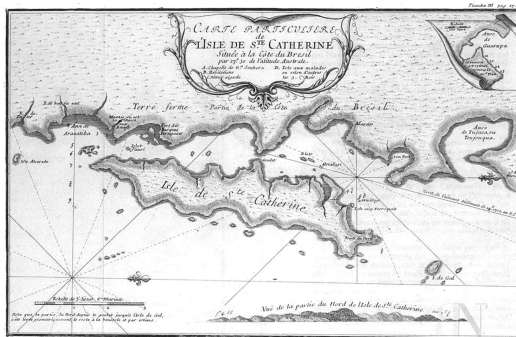
3 ASPECTOS HISTÓRICOS, CULTURAIS E PAISAGÍSTICOS

Neste capítulo são apresentados os principais aspectos relacionados com o histórico do planejamento e da construção da ponte, assim como alguns aspectos culturais relevantes do período abordado. Além disso, serão apresentados aspectos legais relacionados com o tombamento da ponte, a situação atual do Museu da Ponte Hercílio Luz e os aspectos da paisagem.

3.1 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO

Os sambaquis e sítios arqueológicos na Ilha de Santa Catarina apresentam indícios da presença dos índios Carijós como seus primeiros habitantes cujos registros mais antigos datam de 4.800 a.C. A Nação Tupi-Guarani era formada por pequenas aldeias que viviam da pesca, caça e o cultivo do milho e da mandioca. No início do século XVI, as embarcações com destino à Baía do Rio da Prata utilizavam as Baías Norte e Sul da ilha como ancoradouro natural. Isso foi determinante na forma como a população ocupou o território. As primeiras áreas ocupadas concentravam-se na parte central oeste da ilha, próximo às duas cabeceiras do Canal denominado de Estreito, como pode ser visto na figura 3.1. Além desta ocupação, existiam as freguesias de Santo Antônio de Lisboa ao Norte e a do Ribeirão da Ilha mais ao Sul. Esse tipo de ocupação, segundo Orth (2006), se reflete na situação atual, pois ainda se pode observar uma parte central e continental próximo ao Estreito.

Figura 3.1: Planta da ilha de Santa Catarina.

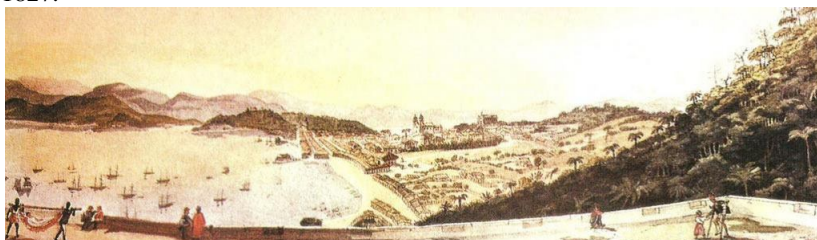


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

O processo de colonização e desenvolvimento da ilha iniciou em 1540 ao receber expedições militares espanholas e portuguesas. No entanto o povoamento da Ilha de Santa Catarina foi implementado em 1651 pelo bandeirante Francisco Dias Velho. No período de 1675 a 1678 construiu-se uma capela, no mesmo local onde se encontra a atual Catedral, sendo iniciado o processo de urbanização da capital, então denominada Nossa Senhora do Desterro. Em 1739, o Brigadeiro José da Silva Paes foi o primeiro governador nomeado da capitania de Santa Catarina que teve a missão de construir fortificações, além de providenciar o assentamento dos colonos provenientes da ilha de Açores e Madeira. Segundo Andrade (1981), a ilha que já era conhecida pelos navegantes das nações européias, foi palco de diversos acontecimentos e disputas territoriais por ser local estratégico para as navegações. A chegada dos colonos açorianos acentuou o fluxo de pessoas e mercadorias entre a ilha e o continente.

Segundo Makowiecky (2010), entre 1830 e 1880, a Ilha de Santa Catarina prosperava, o que a elevou à categoria de cidade. A ilustração apresentada na figura 3.2 retrata a paisagem da cidade neste período. A visita de D. Pedro II à cidade em 1845 incentivou a implantação de medidas referentes ao saneamento básico, à urbanização e ao calçamento das ruas principais. No período de 1890 a 1900 a capital modificou seu status com o estabelecimento definitivo do regime republicano. Em 1894, no governo de Hercílio Pedro da Luz, a Ilha do Desterro passou a ser chamada de Florianópolis. Mesmo com o rápido desenvolvimento e o progresso, a cidade continuava isolada e com pequenas construções.

Figura 3.2: Pintura de Jean-baptiste Debret de Nossa Senhora do Desterro em 1827.



Fonte: Castro Maya (1954).

3.2 FLORIANÓPOLIS NO INÍCIO DO SÉCULO XX

Nesta seção serão abordados os principais aspectos do contexto cultural os quais estruturaram e desenvolveram a economia na Ilha de Santa Catarina. A atividade comercial foi um dos principais fatores que motivaram a construção da ponte no início do século XX. Os milhares de imigrantes que ocuparam o litoral eram dependentes das vias aquáticas para o comércio, utilizando pequenas embarcações que atravessavam do continente à ilha, como pode ser visto na figura 3.3.

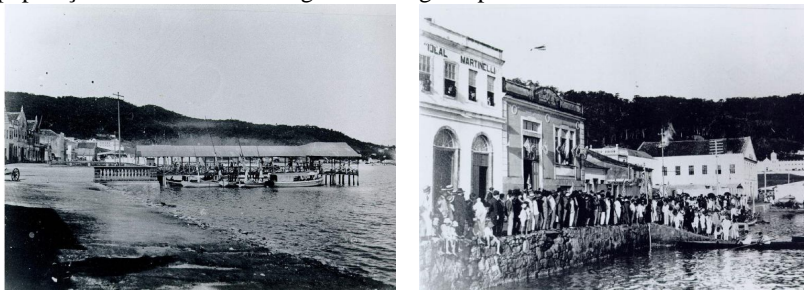
Figura 3.3: Embarcações no canal do estreito.



Fonte: Acervo Casa da Memória. (Aprox. década de 1920)

O fluxo de mercadorias agrícolas e de gado exigia a utilização de embarcações especiais. Diversos acidentes ocorriam na época em função dos fortes ventos e do mar agitado. Segundo Andrade (1981), quando havia vento sul as embarcações saíam do Continente e atracavam em um trapiche na atual Beira-Mar Norte, de modo a minimizar riscos de naufrágio. Muitas vezes, essas lanchas em situações de tempestades iam parar em Santo Antônio do Lisboa ou Ratones. Quando predominava o vento Nordeste as embarcações podiam atracar no Trapiche Municipal, próximo à praça XV de Novembro, como pode ser visto nas figuras 3.4 a e b.

Figura 3.4: a - Trapiche Municipal, anterior à construção do Miramar e b – população assistindo a uma regata no antigo trapiche.



Fonte: Acervo Casa da Memória. (Início do século XX)

A efervescência da vida econômica e social deste período tornou necessária a regularização do transporte de mercadorias e de pessoas, motivando a abertura de concorrências para o serviço do transporte aquático. Este serviço foi monopolizado, não oferecendo no entanto cobertura para proteger os passageiros do sol ou da chuva. A população insatisfeita com essa situação e com as irregularidades de funcionamento das barcas manifestou-se ao jornal “O Estado”, pedindo ajuda à Capitania dos Portos para a normalização das embarcações que realizavam a travessia:

Venho à presença de V. S^a. não esposar a causa bovina, mas a causa humana, a nossa causa. Não são os bois únicos a suportar o martírio da travessia do canal. Somos também desgraçados bípedes, que não tendo fôlego nem coragem de o vingar a nado, temos de sujeitar-nos ao capricho daqueles que exploram o Serviço de Condução entre o Continente e a Ilha.

O surgimento do automóvel na ilha e as notórias dificuldades do transporte com balsas despertaram o desejo da população em construir uma ponte que ligasse a ilha ao continente. Outro aspecto importante foi a polêmica em manter a sede da capital do Estado na Ilha. Desde a segunda metade do século XVIII, segundo Andrade (1981), uma forte corrente política queria transferir a capital de Santa Catarina para o continente. Estas forças políticas consideravam a ilha muito distante para ser o centro administrativo e político do Estado propondo a mudança da capital para a cidade de Lages. Argumentava-se também que Florianópolis não tinha condições de se desenvolver, pois produzia

muito pouco e que as mercadorias que chegavam deviam realizar a travessia do mar por meio de embarcações. O governador em exercício, Hercílio Luz, decidiu implantar a ligação entre ilha e continente para manter a capital na Ilha. A condição financeira do Estado na época não era boa, sendo necessário realizar dois empréstimos para iniciar a construção. Em 1919, apesar dos entraves o projeto estava sendo elaborado e a empresa construtora já havia sido contratada.

3.3 A ASCENSÃO DO GOVERNADOR HERCÍLIO LUZ

Hercílio Pedro da Luz, mostrado na figura 3.5 a, foi o primeiro governador republicano eleito pelo povo de Santa Catarina. Seu primeiro mandato foi de 1894 a 1898, sendo sucedido por Felipe Schmidt. Felipe Schmidt, ao ser reeleito, governou até 1918. Neste ano Hercílio Luz retorna ao cenário político, sendo novamente eleito. O projeto político do governador para este segundo mandato previa a construção da ponte. Hercílio Luz era engenheiro civil de artes e de manufaturas com formação pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro e pela Universidade de Liège, na Bélgica. Não viu seu sonho ser concretizado, pois morreu em 1924, doze dias depois de inaugurar uma réplica de madeira construída na Praça XV em ato simbólico cujo modelo pode ser visto na figura 3.5 b.

Figura 3.5: a - Retrato de Hercílio Pedro da Luz e b – Réplica da ponte Hercílio Luz construída em madeira.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina. (1924)

Antes de exercer o cargo de governador, ele já havia se destacado sobremaneira no exercício como Engenheiro da Província e do Estado, onde desenvolveu atividades voltadas à realização da infra-estrutura da capital catarinense e a ligação do litoral com o interior. O nome

escolhido para o empreendimento seria *Ponte da Independência*, sendo alterado após a morte do Governador como uma póstuma homenagem.

3.4 PONTE HERCÍLIO LUZ

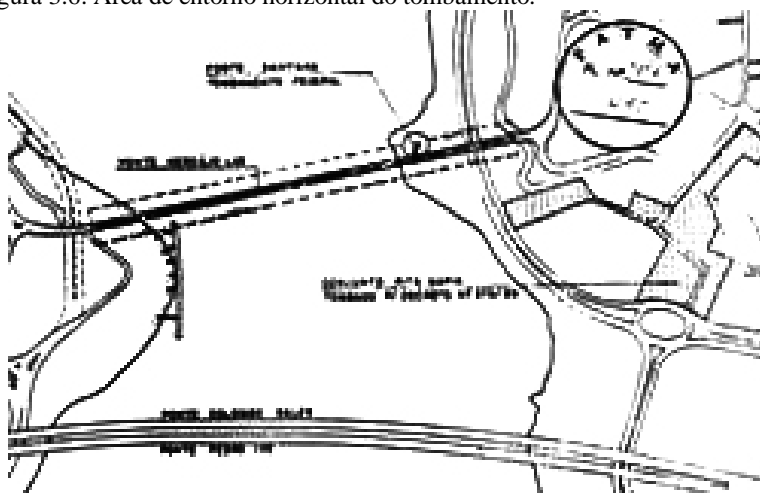
A inauguração da Ponte Hercílio Luz aconteceu em uma tarde chuvosa do dia 13 de maio de 1926, pelo Governador Antônio Vicente Bulcão Viana. A obra acabou com um antigo sofrimento dos 40 mil habitantes de Florianópolis daquela época, que dependiam das balsas para atravessar o canal. O objetivo do seu idealizador havia enfim se concretizado, consolidando Florianópolis como capital de Santa Catarina.

O governo iniciou a construção da ponte em 1922, depois de obter empréstimo equivalente a dois orçamentos anuais do Estado de Santa Catarina. Hercílio Luz, mesmo com o banco norte-americano à beira da falência conseguiu trazer somas expressivas de dinheiro para a construção da ponte tão almejada. O pagamento dos empréstimos, realizados junto a bancos norte-americanos, só foi concluído em 1978, cinco décadas após a inauguração da ponte.

3.5 TOMBAMENTO E O MUSEU DA PONTE

No dia 4 de agosto de 1992 o Prefeito Antônio Henrique Bulcão Vianna assina o Decreto nº 637/92, tombando a ponte Hercílio Luz como Patrimônio Histórico, Artístico e Arquitetônico do Município de Florianópolis. Este Decreto reconhece o dever do Município de colocar sob a guarda este bem de valor histórico, artístico e arquitetônico, colocando-a como um marco histórico da Engenharia Civil em Santa Catarina. Deste modo, a construção que foi o resultado de uma antiga reivindicação da sociedade catarinense, ao ligar a Capital ao interior do Estado, contribuiu significativamente para o incremento socioeconômico de Florianópolis. Por fim e não menos relevante é a excepcional forma plástica de suas linhas, que se tornou um marco paisagístico tanto de dia como à noite, no entorno urbano da região. Além destas justificativas o documento de tombamento apresenta o mapa que é reproduzido na figura 3.6.

Figura 3.6: Área de entorno horizontal do tombamento.



Fonte: Decreto de tombamento nº 637/92.

Este mapa define a área de tombamento do entorno da ponte, partindo das linhas das cabeceiras da parte insular e parte continental. Duas linhas afastadas de dez metros dos pontos mais salientes da superestrutura em cada lado da ponte delimita a área em que qualquer obra nova terá que ser aprovada pela Coordenação de Planejamento do Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF).

Este documento também prevê que as reformas necessárias para manter a segurança estrutural da ponte devem manter as características de ponte pênsil. Deste modo podem-se trocar as barras de olhal por cabos de aço ou utilizar outro tipo de solução técnica, desde que sejam preservadas as suas características determinantes de ponte pênsil.

Em 1997, no dia 13 de maio, o decreto nº 1.830 homologa o tombamento da ponte como propriedade do Estado de Santa Catarina por meio do Departamento de Estradas e Rodagem (DER). Este documento decreta que a área do entorno da ponte é compreendida pela poligonal confeccionada por duas linhas paralelas, distanciadas cem metros das partes mais salientes em cada lado da superestrutura, interceptadas por outras duas linhas, distanciadas paralelamente cem metros de cada uma das cabeceiras. O imóvel foi então inscrito no Livro de Tombamento Histórico da Fundação Catarinense de Cultura. No dia 15 de maio de 1997, o Ministro de Estado da Cultura, através da Portaria nº 78, homologou o tombamento da ponte. Neste mesmo ano, em julho

de 1997, o Governo do Estado de Santa Catarina declara de utilidade pública os imóveis compreendidos na área de entorno da Ponte Hercílio Luz para fins de aquisição por doação ou desapropriação seja amigável ou judicial.

Outro aspecto relevante na história da ponte Hercílio Luz foi a abertura do Museu da Ponte. Este Museu, localizado na cabeceira insular, foi desativado no final do ano de 2005 devido ao espaço reduzido, à umidade existente e a proximidade com o canteiro de obra insular. O material do acervo foi recolhido pela Secretaria de Estado da Administração, por meio da Diretoria de Gestão do Arquivo Público em parceria com o DEINFRA. Segundo Silva (2008), o Arquivo Público do Estado assumiu a custódia deste acervo, que deverá permanecer até que o Estado e o Município assinem o protocolo de intenção para a construção definitiva do museu. Este deverá situar-se no Parque da Luz, nos altos da Rua Felipe Schmidt. Este acervo é composto por fotos das etapas de construção, fotos de jornais da época, plantas do projeto executivo (originais e cópias), peças metálicas originais substituídas, ferramentas, equipamentos e máquinas utilizadas na manutenção. Assim como algumas das ferramentas utilizadas na construção, como teodolito, balancin, furadeira manual, rebitador pneumático e esmerilhadora entre outros. Este conjunto deverá ser parte da Mostra Itinerante do Acervo Histórico da Ponte Hercílio Luz. Neste acervo consta um livro, o Diário de Patrick, que conta a história de um jovem engenheiro norte americano que registrou aspectos rotineiros daquela época. Seu olhar aguçado vai além do conhecimento técnico, descreve a rotina da construção da ponte e também na visão romântica do jovem, detalhes do contexto urbano daquela época. Este Diário encontra-se inserido no livro “Em busca da terra firme”, de Almiro Caldeira de Andrada, publicado em 1992.

3.6 IMPLANTAÇÃO E ENTORNO

Nesta seção são apresentadas de modo sucinto as principais transformações paisagísticas no entorno da ponte, iniciando com as configurações do início do século XX, como pode ser visto na figura 3.7. A delimitação do entorno abrange as áreas das penínsulas continental e insular que conformam o canal estreito. Este local possui elementos que passam por contínuas transformações e que marcaram diferentes períodos históricos, diversos bens patrimoniais, entre eles a ponte Hercílio Luz. Ainda sucintamente serão abordados alguns conceitos de patrimônio e paisagem cultural, buscando relacionar o bem

material com as transformações da paisagem em seus diferentes contextos.

Figura 3.7: Início do século XX, aproximadamente 1920, por Eduardo Dias.



Fonte: Acervo Museu de Arte de Santa Catarina.

3.7 PATRIMÔNIO TECNOLÓGICO E PAISAGEM CULTURAL

Segundo a portaria nº 127 do Iphan (2009), nas últimas décadas, a paisagem urbana, constituída por edificações e o ambiente natural, vem sofrendo com a destruição do seu patrimônio cultural e ambiental. O rápido crescimento socioeconômico da cidade constitui o principal fator para tal degradação. Os fenômenos contemporâneos de expansão territorial, como a globalização e a massificação da paisagem urbana, geram transformações que implicam na perda de referências que consolidam a identidade do indivíduo no seu percurso histórico. Frente a essa realidade, diversos países procuram adotar novas políticas públicas para alcançar um desenvolvimento sustentável, em equilíbrio com as necessidades sociais, econômicas e ambientais, segundo o decreto nº 4/2005 da Convenção Europeia de Paisagem. O conceito de paisagem cultural surge, neste contexto, como resposta ao processo acelerado das transformações das cidades e torna-se o principal viés para impor limites e evitar alterações dispensáveis no cenário urbano. Esta estratégia pode desencadear atribuições qualitativas aos recursos paisagísticos, as funções culturais, ecológicas, ambientais e sociais. Em contrapartida, torna-se necessário a gestão, monitoramento e manutenção periódica de tais qualidades.

Segundo Adams (2010), a identificação da paisagem constitui uma das primeiras e principais etapas do trabalho de conservação e proteção dos recursos paisagísticos e do legado patrimonial. Para essa ação, Florianópolis apresenta instrumentos que identificam diversas áreas de interesse referentes à paisagem e ao patrimônio cultural. Segundo Adams (2010), o Plano Diretor de Florianópolis adota a partir de 1985 o conceito de Área de Preservação Cultural – APC, dentro dos mecanismos legais vigentes. Os resultados desse mecanismo contribuem para o conhecimento das qualidades da paisagem cultural.

A parcela do território do Canal do Estreito, considerada APC-4 pode ser identificada como local de memória e área de interesse do cidadão. A paisagem do canal apresenta uma síntese do ciclo de ocupação do território desde as navegações: as águas da baía, o Forte Santana do século XVIII, a ponte Hercílio Luz da década de 1920 e o adensamento atual do final do século XX. Juntos, caracterizam o contexto geográfico da paisagem cultural com uma qualidade simbólica bastante forte na ilha. Cada referência apresenta um contexto histórico diferente na paisagem. O significado histórico das águas e dos Fortes da Ilha de Santa Catarina está atrelado à sua importância no contexto naval, por exemplo, as navegações do Atlântico Sul. A ponte, construída no início do século XX, faz parte de um contexto histórico em que a cidade estava no auge de sua modernização.

A partir desse período, a cidade se desenvolve por rupturas históricas, como se nela não houvesse laços temporais. Os novos conceitos e regras urbanísticas vão perdendo progressivamente o sentido de totalidade. Um contexto onde não existem leis de relacionamento entre os elementos nem significado de ordem de composição¹, ou seja, o contexto atual. Essas transformações do século XX e o rompimento do laço temporal geram a perda do contexto histórico na paisagem.

A ponte Hercílio Luz é um referencial atrativo para o turismo regional. A ponte está associada a uma das três capitais insulares do país. Além disso, é utilizada como ponto central do marketing da Secretaria Municipal do Turismo, Cultura e Esporte de Florianópolis, como pode ser visto na figura 3.8 apresentada no site da prefeitura.

¹ KOHLSDORF, Maria Elaine. “A apreensão da forma da cidade.” – Brasília: Ed. UNB, 1996. p. 24.

Figura 3.8: Ilustração da ponte na foto divulgação do site da Secretaria Municipal do Turismo.



Fonte: adaptação do site da PMF.

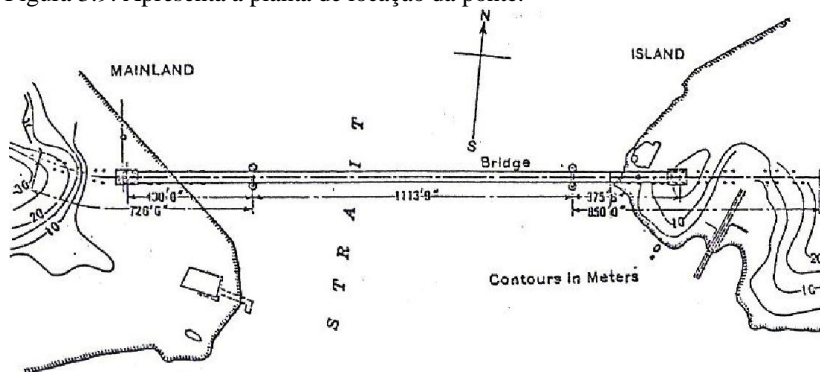
A tese de Bueno (2006) analisa o papel do território e da paisagem no desenvolvimento turístico de Florianópolis. Para tal avaliação, o autor foca os aspectos cênicos, ecológicos, compreendida como sistema físico e perceptivo da paisagem. Apresenta-se a evolução da paisagem através de momentos significativos do crescimento da cidade, sendo destacadas as transformações derivadas da atividade turística. Esta, por sua vez, é estudada a partir de dados sociais, políticos, econômicos e culturais, segundo seus padrões de ocupação. O autor comprova que o desenvolvimento da ilha está orientado pela associação do urbano com o turismo, e identifica as consequências de tal modelo, concluindo sua insustentabilidade sócio-espacial. Este trabalho contribui com a questão do tecido urbano, na análise do entorno.

3.8 PROPOSTA INICIAL DA IMPLANTAÇÃO DA PONTE

Segundo Andrade (1981), desde a segunda metade do século XVII uma forte corrente política queria transferir a sede da Capitania de Santa Catarina para o continente. Como contraposição a isto, o governador Hercílio Luz decidiu implantar a ligação entre ilha e continente. O projeto iniciado em 1919 previa a implantação da ponte na parte mais estreita do canal como mostrado na figura 3.9.

O contrato estabelecido entre o Governo e a empresa projetista especificava o comprimento de 340 metros para o vão central. Esta dimensão foi calculada com base nas sondagens preliminares, nas dimensões dos vãos secundários de cada viaduto de acesso e a localização dos maciços de ancoragem.

Figura 3.9: Apresenta a planta de locação da ponte.



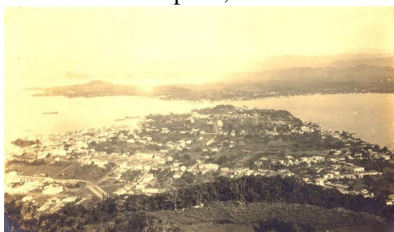
Fonte: Steinman e Grove (1928).

3.9 TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM

Costa (2002) apresenta em seu trabalho elementos indutores de transformações na paisagem da região. No trabalho mostra como a Ponte Hercílio Luz desencadeou mutações urbanas nas áreas insular e continental. O autor analisa também a dinâmica populacional e comercial que se desencadeou entre ilha e o continente, estudando também as vias próximas à ponte que se converteram no principal trajeto ao centro da cidade. Por fim, o autor traça considerações sobre estas transformações no desenvolvimento urbano de Florianópolis.

No histórico de desenvolvimento urbano a ponte representa um testemunho dos avanços tecnológicos, constituindo-se como elemento indutor de transformações da paisagem natural do entorno. Essas transformações e mutações da paisagem urbana podem ser observadas nas figuras 3.10 a e b. A ponte durante aproximadamente cinco décadas foi o elemento que induziu a expansão da cidade na ilha, acelerando o processo de ocupação alterando o ambiente edificado.

Figura 3.10: a – Vista de Florianópolis do alto do Morro da Cruz, 1920 e b – Vista de Florianópolis, 2012.



Fonte: Acervo Casa da Memória.

Várias mudanças culturais e econômicas do início do século XX produziram mudanças na paisagem urbana. A partir de 1910 foram implantados a rede de iluminação elétrica e o sistema de esgoto sanitário na ilha. As ruas foram calçadas e alargadas, modificando os aspectos visuais e tornando a cidade mais moderna. A ponte Hercílio Luz, fazendo parte deste contexto também provocou mutações na paisagem. Na década de 1920 a ilha apresentava uma relação direta com o mar e na sua cabeceira insular ainda existia o cemitério, como mostra a figura 3.11.

Figura 3.11: Vista aérea da ilha, durante a construção da ponte.



Fonte: Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A mudança do cemitério foi uma das primeiras transformações consequentes da implantação da ponte. Esta região era considerada periférica e ao mesmo tempo a porta de entrada da cidade. As primeiras ocupações da cidade estavam situadas em torno da atual praça XV de Novembro. Segundo Costa, em 1840 foi fundado o cemitério do Estreito que ocupava a extremidade oeste da Ilha, cuja localização pode ser vista na figura 3.12. Este cemitério causava má impressão aos visitantes que chegavam à cidade por meio da ponte. A implantação da ponte forçou a transferência do cemitério para o bairro do Itacorubi em 1925. Essas modificações geraram novas vias para a integração das duas cabeceiras

ao sistema viário, alterando de modo expressivo o contexto urbano da região. A Rua Felipe Schmidt tornou-se a principal via de acesso insular, sendo alargada e conectada ao continente. Anteriormente, as principais ruas da cidade eram a Conselheiro Mafra e João Pinto.

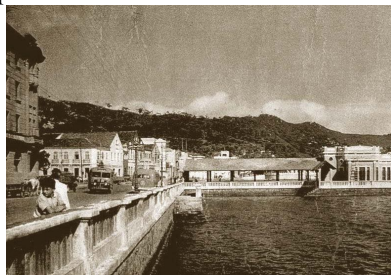
Figura 3.12: Planta da cidade de Florianópolis.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Durante décadas a cidade tinha suas vistas voltadas para o mar, como mostrado na figura 3.13 a. Segundo Veiga (1993), o aterro da Baía Sul mudou esta dinâmica do desenvolvimento urbano do centro de Florianópolis na segunda metade do século XX. Com a construção da ponte Governador Colombo Salles e de novos edifícios públicos o antigo centro da cidade se afastou do mar, perdendo seu caráter portuário como mostrado na figura 3.13 b.

Figura 3.13: a – Área central de Florianópolis década de 1940 e b – Miramar.



Fonte: Acervo Casa da Memória.

Nos anos 80 a expansão da cidade na direção da ilha já estava consolidada. A quantidade de carros na ilha aumentara. No período de 1950 a 1960 o aumento da população gerou o aumento do tráfego e da quantidade de veículos. Na década de 1970 a construção da ponte Colombo Salles solucionou temporariamente este problema. No entanto os estacionamentos invadiram praças e áreas urbanas, modificando ainda mais a paisagem, como pode ser visto na figura 3.14 a.

Figura 3.14: a – Estacionamento da Prefeitura Municipal, 1974 e b – Construção da ponte Colombo Salles.



Fonte: Acervo Casa da Memória.

Teixeira (2009) apresenta as transformações da cidade de Florianópolis em dois ciclos. Na primeira fase, compreendida entre 1930 e 1950 tem a modernidade influenciada pelo regime do Estado Novo de Getúlio Vargas como referência. Neste período a área peninsular fundadora, onde está a Ponte Hercílio Luz, mantém vazios urbanos devido ao lento crescimento. No segundo ciclo, entre 1950 a meados de 1960, o autor destaca a influência do desenvolvimentismo nacional. Aborda o processo de verticalização e outras tendências do modernismo, assim como a expansão para além da península central. O encerramento

desse ciclo é marcado pelo aterramento da área central e da ênfase viária. Por fim, o autor identifica a perda de maritimidade e o crescimento urbano descontrolado devido à ausência de planos que contemplassem a especificidade morfológica e contextual de Florianópolis.

Passados poucos anos de funcionamento da ponte Colombo Salles, a ponte Hercílio Luz não comportava mais o grande fluxo de carros. Logo após a interdição da ponte Hercílio Luz foi construída a ponte Pedro Ivo paralela à ponte Colombo Salles. Como decorrência o tecido urbano desenvolveu-se nas duas penínsulas das cabeceiras, servindo os vetores criados pela ponte Hercílio Luz e posteriormente pelas outras duas pontes. As figuras 3.15 a e b apresentam as configurações urbanas de dois momentos distanciados por 30 anos de desenvolvimento. O crescimento das construções comerciais, residenciais e institucionais nas duas penínsulas foi acentuado pelas novas vias de acesso, alterando os principais eixos de desenvolvimento da malha viária e determinando modificação substancial da paisagem urbana.

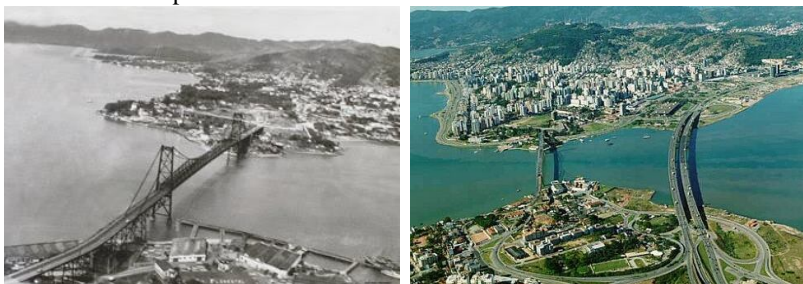
Figura 3.15: a – Foto aérea, 1957 e b – Foto aérea, 1998.



Fonte: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.

A perda de relação da cidade com o mar ocorreu também com o aterramento da baía norte. Nas fotos aéreas das figuras 3.16 a e b podem ser observadas as principais transformações no aterro da Avenida Beira-Mar Norte e na Baía Sul além do adensamento das edificações nas áreas centrais.

Figura 3.16: a – Vista aérea da cidade de Florianópolis em 1942 e b – Vista aérea de Florianópolis em 2000.



Fonte: Acervo Casa da Memória.

No início do século XXI outras transformações significativas da paisagem foram realizadas agora, no lado continental. A beira-mar continental foi criada por meio de aterro para a criação de uma nova via, como pode ser visto nas figuras 3.17 a e b. Novamente, o sistema viário assume papel predominante na relação da cidade com a paisagem marítima.

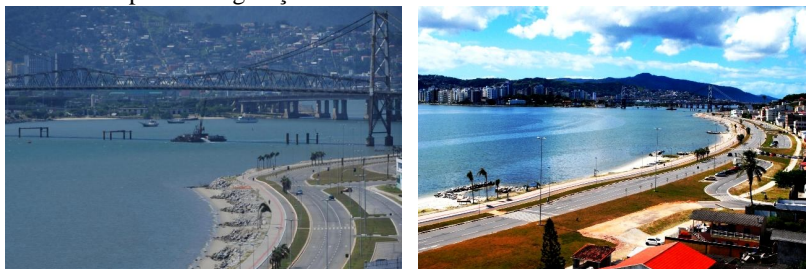
Figura 3.17: a – Vista aérea em 2003 e b – Vista aérea da cidade de Florianópolis em 2009.



Fonte: Google Earth.

No aterro da beira-mar continental foram construídas três vias rápidas em cada sentido. Estas vias serão conectadas com o lado sul da península continental, passando sob a ponte Hercílio Luz. Parte da beira-mar continental já está finalizada, como pode ser observada nas figuras 3.18 a e b.

Figura 3.18: a – Vista da beira-mar continental em 2012 e b – Beira-mar continental após a inauguração.



Fonte: Charles Guerra e Bruno Oliveira.

No aterro da beira-mar continental foram construídas três vias rápidas em cada sentido. Estas vias serão conectadas com o lado sul da península continental, passando sob a ponte Hercílio Luz. Parte da beira-mar continental já está finalizada, como pode ser observada nas figuras 3.19 a e b. O projeto localizado no aterro da baía norte liga o bairro Estreito no continente com a beira-mar norte da ilha, exigindo grande área de aterro para receber as novas vias. Observa-se que a região do estreito ainda é mantida para o desenvolvimento de novas ligações. A escolha da região com menor distância entre a ilha e o continente reduz custos da construção da nova ponte, porém continua a concentrar os fluxos de veículos na região do estreito.

Figura 3.19: a – Vista aérea da cidade de Florianópolis, 2012 e b – Simulação da quarta ligação.



Fonte: adaptado do Google por Cesar Valente.

Segundo Pereira (2012), o Departamento Estadual de Infraestrutura divulgou em 2012 que as pontes existentes foram projetadas para suportar um trânsito de oitenta mil veículos por dia, sendo que atualmente já passam de 178 mil carros. Este órgão divulgou também que a ponte Hercílio Luz poderia reduzir este fluxo em até 45%. Como o prazo de entrega da restauração da ponte Hercílio Luz foi

prorrogado para 2014 um fluxo de veículos ainda maior é esperado. Sete propostas foram apresentadas para realizar a quarta ligação. Uma destas propostas pode ser vista nas figuras 3.20 a e b.

Figura 3.20: a – Proposta de projeto da quarta ligação, 2012 e b – Proposta de projeto da quarta ligação, 2012.



Fonte: não divulgada.

O canal do Estreito é um lugar estratégico da ilha de Santa Catarina porque é a menor distância entre a ilha e o continente. Durante o período das navegações foi utilizado como porto natural. No início do século XX concentravam-se as principais atividades comerciais. Posteriormente, foi construída a ponte Hercílio Luz e ainda hoje as soluções apresentadas para o tráfego são implantadas no canal do Estreito, que é o exemplo da quarta ligação. A cidade se desenvolve há décadas neste eixo de ligação entre a ilha e o continente, apresentando transformações significativas na paisagem local, por exemplo, a verticalização e a construção das pontes.

A ponte Hercílio Luz, quando foi implantada, foi integrada com a malha viária da cidade. As novas pontes foram projetadas para solucionar o problema do grande fluxo de veículos em um aterro na Baía Sul, criando uma nova malha viária. As novas conexões entre a ilha e o continente devem ser projetadas em conjunto com as malhas viárias existentes. As novas ligações podem ser localizadas também no norte ou no sul da ilha, descentralizando o crescimento na região do Estreito.

4 ASPECTOS PROJETUAIS DA PONTE HERCÍLIO LUZ

Neste capítulo são apresentados os principais aspectos relacionados com a concepção e desenvolvimento do projeto da ponte Hercílio Luz. Procura-se aqui também apresentar os projetos dos principais elementos que constituem a ponte e a nomenclatura técnica utilizada. A equipe do projeto original era coordenada pelos engenheiros *Steinman e Robinson*. Os desenhos de produção dos componentes e a fabricação da estrutura metálica foi realizada pelas empresas *United States Steel Products Company e American Bridge Company*.

4.1 LANÇAMENTO DA PROPOSTA ESTRUTURAL

No início do século XX, diversas propostas foram elaboradas por engenheiros brasileiros e estrangeiros para escolher o tipo de ponte que iria ligar a ilha de Santa Catarina ao continente. Na época, segundo Marcelino (2011), vários estudos do engenheiro Oscar Machado da Costa apontavam uma ponte pênsil como a melhor solução. A empresa *Byington and Sundstrom*, situada em São Paulo, apresentou um projeto de ponte com viga treliçada (*cantilever*). A proposta apresentada excedia o orçamento e os engenheiros então solicitaram ao engenheiro americano H. D. Robinson para elaborar um projeto alternativo para a ponte viga treliçada, conforme mostrado na figura 4.1.

Figura 4.1: Projeto de ponte viga treliçada, *cantilever*.



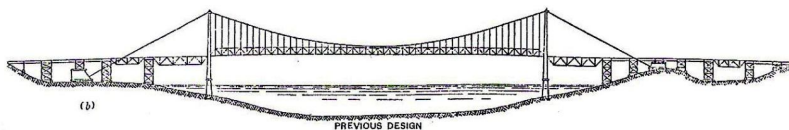
Fonte: Steinman (1929).

Em 1920, o engenheiro Sundstrom foi até Nova Iorque para solicitar o projeto da ponte pênsil aos americanos Robinson e Steinman e solicitou também à *American Bridge Company* (por meio da *United Steel Products Company*) orçamentos do projeto da ponte em *cantilever* e também da ponte pênsil. Estes orçamentos preliminares apresentaram a ponte pênsil como a mais cara, com uma pequena margem de diferença. Isso fez com que a construtora Byington e Sundstrom adotasse o projeto da ponte em *cantilever*.

Entretanto, este projeto esteve paralisado durante dois anos devido aos problemas de viabilidade financeira com o banco *Imbrie &*

Company que concedeu uma parcela do empréstimo. Em 1922, um novo empréstimo com os banqueiros *Halsey, Stuart & Company* reestabeleceu a continuidade da obra. Os engenheiros Byington e Sundstrom voltaram a discutir o projeto de ponte pênsil como alternativa à ponte tipo *cantilever*. As propostas de projeto foram revisadas e novos orçamentos foram realizados pelas empresas fornecedoras do aço *United Steel Products Company*. Durante estes dois anos de intervalo, a *American Bridge Company* realizou pesquisas sobre diversas pontes suspensas e os seus engenheiros chegaram à conclusão de que este tipo era o mais econômico que a ponte tipo *cantilever*. Isso foi confirmado quando os novos orçamentos foram recebidos, resultando a ponte tipo pênsil como a mais econômica. A empresa Byington e Sundstrom acatou então o sistema pênsil para o projeto final e estabeleceu um novo contrato de fabricação e fornecimento com a *United Steel Products Company* com novos ajustes de preço. Assim, a construtora iniciou uma fase de planejamento da montagem da ponte com a supervisão dos Engenheiros Robinson e Steinman. Estes engenheiros elaboraram os projetos da ponte pênsil utilizando cabos de aço em todo o sistema de suspensão, conforme pode ser visto na figura 4.2.

Figura 4.2: Projeto de ponte pênsil com cabos.

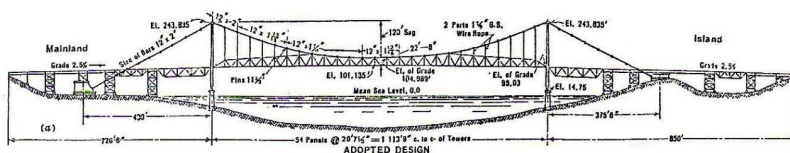


Fonte: Steinman (1929).

A empresa *American Bridge Company* recomendou para a Byington e Sundstrom a utilização das barras de olhais com tratamento térmico e aço de alta resistência, substituindo os cabos de aço. A *United States Steel Products Company* também apoiava esta substituição, propondo o fornecimento e montagem das barras de olhais por um preço comprovadamente menor, em relação aos custos previstos pela construtora. Após o satisfatório ajuste de preços as barras de olhais foram aceitas e um subcontrato foi acrescentado ao primeiro para a fabricação e montagem das novas peças. A utilização das barras de olhais possibilitou que os engenheiros Robinson e Steinman realizassem estudos para um sistema de suspensão mais eficiente da treliça de rigidez e a corrente de barras de olhal. Após diversos estudos, os engenheiros Robinson e Steinman desenharam a treliça curva com a

corda superior da treliça utilizando as barras, conforme pode ser visto na figura 4.3.

Figura 4.3: Projeto adotado.



Fonte: Steinman (1929).

Posteriormente, esta proposta foi aprovada pela construtora Byington e Sundstrom e aceita pela empresa fabricante das estruturas metálicas. Este último desenho foi adotado no projeto final o qual apresentava um orçamento econômico, com a estrutura rígida e mantendo a forma original. O projeto conduziu a construção da treliça engastada no sistema de suspensão com barras de olhal. Segundo Vasconcelos (1993), esta solução apresentava alguns benefícios técnicos:

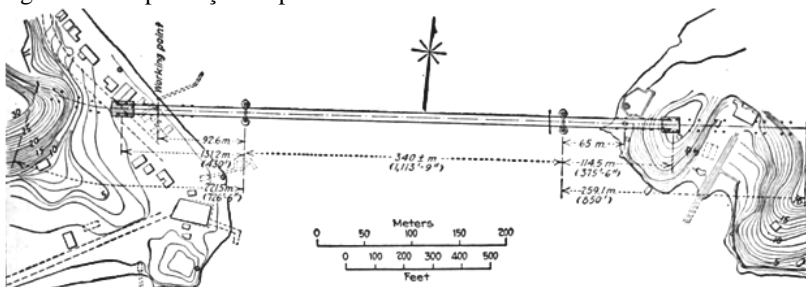
- Redução das cargas;
- Redução das tensões no aço;
- Redução na viga do tabuleiro, menos solicitada;
- Redução do número de pendurais.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA PONTE PÊNSIL

A localização da travessia foi situada na parte central da Ilha de Santa Catarina denominada de estreito, por ser a menor distância entre a ilha e o continente. Neste local a ilha está separada do continente por 450 metros, onde as duas penínsulas se aproximam, conforme apresentado na figura 4.4. A extremidade insular, posicionada a leste da ponte, apresenta um promontório rochoso mais elevado. Logo atrás deste, um pequeno monte rochoso oferecia situação ideal para realizar a ancoragem da ponte pênsil. A extremidade continental, situada a oeste, também apresentava uma península rochosa relativamente mais elevada e um pouco mais distante do canal. No entanto, sondagens realizadas próximo ao local da torre oeste indicaram menor profundidade para a realização da fundação da torre quando comparada com as fundações da torre insular. A topografia mais íngreme da parte oeste exigiu um

pequeno desvio na direção noroeste, fazendo com que três trechos do viaduto continental apresentassem uma curvatura com raio único. Este desvio do viaduto continental buscava uma concordância do traçado com a curva de nível de 25 m de altura, buscando um traçado mais adequado à futura ferrovia elétrica, prevista para funcionar conjuntamente com a rodovia.

Figura 4.4: Implantação da ponte Hercílio Luz.



Fonte: Steinman (1929).

A extensão total da ponte é de 821,055 metros, sendo formada pelos viadutos de acesso do continente, com 222,504 m, e da ilha, com 259,080 m, além do vão central pênsil com extensão de 339,471 m, como pode ser visto na figura 4.5. A ponte é composta por 28 vãos no total, duas torres principais e 12 secundárias. Os viadutos de acesso são formados por vãos isostáticos e a declividade longitudinal ao longo dos viadutos é de 2,5%, ascendente no sentido do centro da ponte, com a formação de um arco parabólico no vão central. A carga móvel do projeto é de 2000 libras por pé, locomotiva de 50 toneladas, caminhão de 6 toneladas, 60 libras por pé quadrado para a passarela, carga de vento de 25 libras por pé quadrado e variação de temperatura ± 30 graus fahrenheit.

O viaduto de acesso continental é formado por diversos vãos, transpostos por vigas de alma cheia ou por vigas em treliça do tipo Warren, com as dimensões apresentadas na tabela a seguir:

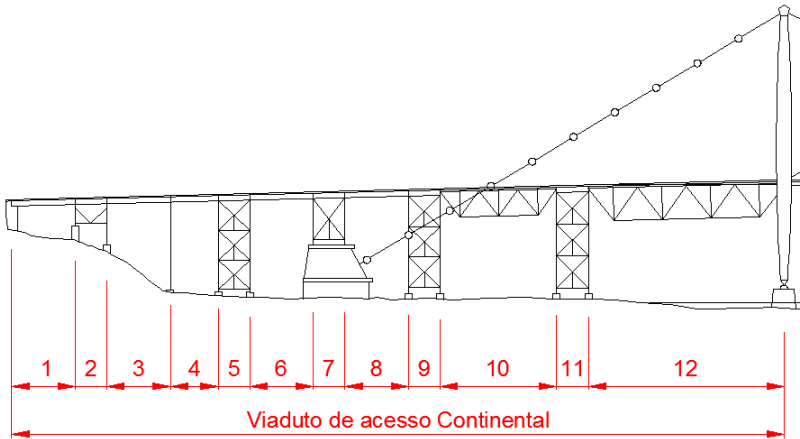
Tabela 4.1: Dimensões do viaduto de acesso do lado do continente.

CONTINENTE					
Tipo de viga	Comprimento (pés)	Comprimento (metros)	Quantidade	Número do vão (fig.)	Comprimento total (metros)
Vigas de alma cheia	30'	9,144 m	5	2; 5; 7; 9; 11	45,720 m
	45'	13,716 m	1	4	13,716 m
	60'	18,288 m	4	1; 3; 6; 8	73,152 m
Vigas Warren	110'	33,528 m	1	10	33,528 m
	185'	56,388 m	1	12	56,388 m
Extensão total do viaduto de acesso do lado continental					222,504 m

Fonte: transcrito de COSTA (1926).

Entre os vãos de número 3 e 4 foi construída uma torre com apenas duas pernas. A torre do vão de número 7 está apoiada sobre o maciço de ancoragem, como apresentado na figura 4.5.

Figura 4.5: Elevação do viaduto de acesso do lado do continente com a numeração dos vãos.



Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

O viaduto de acesso insular também é formado por diversos vãos, transpostos por vigas de alma cheia ou por vigas em treliça do tipo Warren, com as dimensões apresentadas na tabela a seguir:

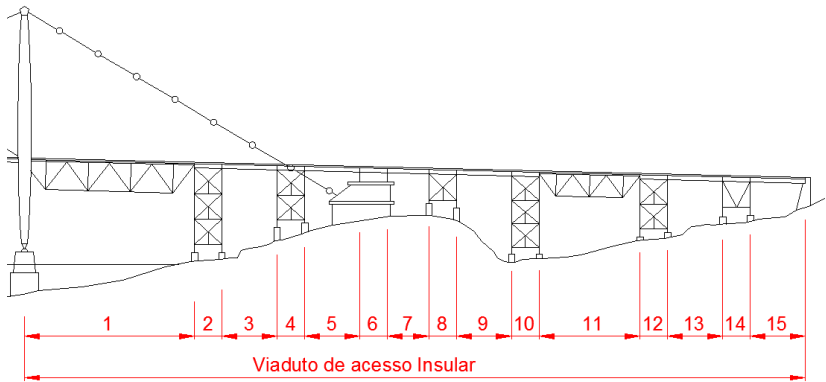
Tabela 4.2: Dimensões do viaduto de acesso do lado da ilha.

ILHA					
Tipo de viga	Comprimento (pés)	Comprimento (metros)	Quantidade	Número do vão (fig.)	Comprimento total (metros)
Vigas de alma cheia	30'	9,144 m	7	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14	64,008 m
	45'	13,716 m	1	7	13,716 m
	60'	18,288 m	5	3; 5; 9; 13; 15	91,440 m
Vigas Warren	110'	33,528 m	1	11	33,528 m
	185'	56,388 m	1	1	56,388 m
Extensão total do viaduto de acesso do lado insular					259,080 m

Fonte: transcrito de COSTA (1926).

O vão de número 6 está apoiado sobre o maciço de ancoragem, mas não é considerada uma torre, como pode ser visto na figura 4.6.

Figura 4.6: Elevação do viaduto de acesso do lado da ilha com a numeração dos vãos.



Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

4.3 A FUNCIONALIDADE DA PONTE HERCÍLIO LUZ

Esta seção busca apresentar com certa cronologia as funções da ponte durante sua existência. Foram levantadas as demandas da sociedade que definiram seu funcionamento nos diferentes períodos. A análise é iniciada no período anterior à obra se estendendo até a situação atual. Os principais eventos econômicos, políticos, sociais e culturais da região são considerados para este estudo sem no entanto serem aprofundados, em função do escopo desta dissertação. Busca-se aqui fornecer apenas uma abordagem funcional da ponte.

O estado de Santa Catarina começou a ser povoado no século XVII. Neste período iniciaram-se as primeiras ocupações da ilha, tomando posições estratégicas quanto aos aspectos militares, naval e comercial. Desde essa época, até o início do século XX, a travessia de pessoas, animais, carroças e carros eram realizados apenas por transporte aquático, por meio de balsas, barcos e lanchas. No final do século XIX, o grande desenvolvimento, econômico e social da cidade aumentou a demanda de embarcações. Este fator conduziu a organização e a regularização do transporte público com balsas regulamentadas.

Este fator também conduziu a realização da ponte. O crescimento populacional e a dependência das relações comerciais através das embarcações exigiam a substituição do transporte aquático pelo terrestre. Muitos fatores dificultaram o transporte aquático como as chuvas e ventos intensos na região. Além disso, conflitos e disputa por espaço nos portos pelas embarcações. A situação tornava-se mais problemática à medida que aumentava o número de embarcações e usuários.

Quando foi concebida, a principal função da ponte era garantir a travessia segura dos usuários, além de permitir a passagem rápida de mercadorias e animais. O objetivo era implantar sobre a ponte uma ferrovia, parte de um sistema ferroviário que nunca chegou a existir. Os viadutos e o vão central da ponte foram projetados para comportar o tráfego de uma ferrovia que nesse tramo deixaria de ser um sistema binário para funcionar em apenas dois trilhos posicionados no centro da ponte. Estes trilhos deveriam ser posicionados sobre duas longarinas centrais, mais reforçadas que as demais, que deveriam suportar os dormentes de madeira. Além disto, previa uma rodovia e uma passarela para pedestres no lado norte e uma adutora no lado sul para realizar o abastecimento de água da ilha que era precário. Em 1926, quando a obra foi concluída, a ponte solucionou boa parte destes conflitos. Sobre a ponte passavam carros, ônibus e carroças nas pistas centrais; pedestres

e bicicletas na passarela do lado norte. Durante muitos anos a ponte manteve estas funções iniciais, mas com as transformações urbanas, tecnológicas e comerciais a ponte passou a ser cada vez mais solicitada.

4.4 PLANEJAMENTO

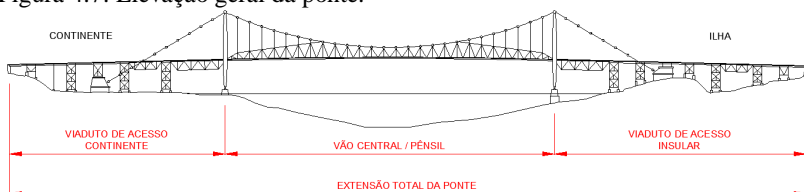
No dia 16 de agosto de 1919 foi aprovado pela lei nº 1240 o primeiro empréstimo para o financiamento da obra. No dia 3 de novembro foi feito o primeiro empréstimo na cidade do Rio de Janeiro com os banqueiros da Imbrie & Co. de Nova Iorque, no valor de cinco milhões de dólares. A situação financeira do Estado era precária para iniciar a obra. Entretanto, o governador Hercílio Luz realizou duas tentativas de empréstimo de cinco milhões de dólares cada com os banqueiros americanos. Logo após foi contratada a construtora Byington & Sundstrom, porém os projetos ficaram paralisados entre 1920 e 1922.

Um segundo empréstimo foi realizado no dia 10 de setembro de 1921. A lei nº 1.351 autorizava o poder executivo a contrair um empréstimo de cinco milhões e quinhentos mil dólares com os banqueiros Halsey, Stuart & Co. No dia 27 de setembro de 1922 o Estado firmou o contrato com a construtora Byington e Sundstrom. Somente com um segundo empréstimo feito com os banqueiros Halsey Stuart & Co. foi possível o início da ponte. Neste mesmo ano, no dia 28 de setembro Hercílio Luz foi eleito governador do Estado de Santa Catarina. Em 1923 a estrutura metálica foi embarcada nos Estados Unidos, ano em que o orçamento do Estado de Santa Catarina era de 7 milhões, 274 mil e 326 contos de réis, praticamente metade da dívida assumida. Pelos cálculos feitos, o custo da obra, somados os empréstimos internos e externos, chegou a 14 milhões, 478 mil, 107 contos e 479 réis. Como o primeiro banco Imbrie & Co. faliu, o Estado teve que relizar um novo empréstimo, o que acarretou um atraso as obras. A justiça americana, em razão da falência do banco Imbrie & Co. fez com que o Estado de Santa Catarina se responsabilizasse por dívidas da instituição falida. Segundo Andrade (1981), o custo final atingiu praticamente o dobro do orçamento do Estado naquela época.

4.5 TIPIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

O projeto da ponte pênsil apresenta um vão central de 339,471 metros (1113' 9"), compreendido entre os eixos das torres principais e dois viadutos de acesso adjacentes ao vão pênsil. A extensão total da ponte é de 821,055 metros (2693' 9"), conforme mostrado na figura 4.7.

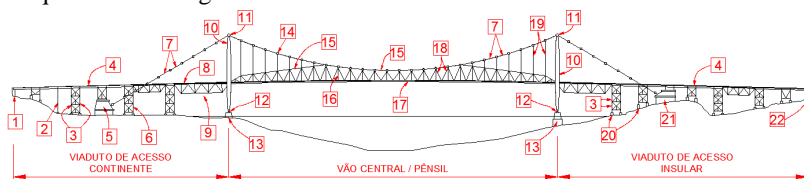
Figura 4.7: Elevação geral da ponte.



Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

Os elementos estruturais podem ser subdivididos segundo os tipos e funções estruturais que desempenham nas diversas partes que constituem a ponte. A sequência de apresentação dos elementos estruturais é realizada de acordo com a sua numeração no sentido continente-ilha, como apresentado na figura 4.8.

Figura 4.8: Elevação geral da ponte com indicação dos elementos estruturais, ver quadro com a legenda.

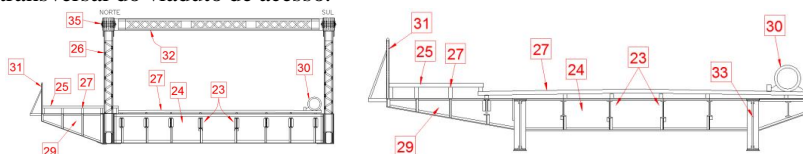


Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

Legenda

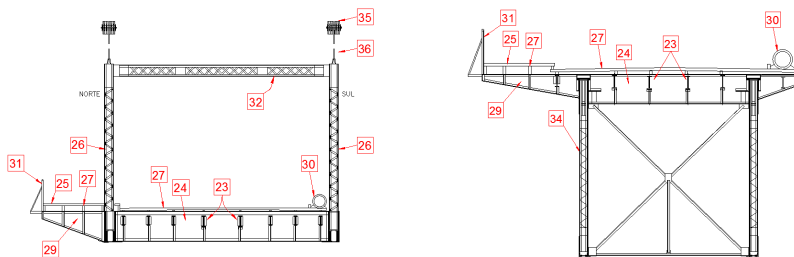
L1	Encontro continental	L12	Base da Torre principal / Rótulas
L2	Torre pendular	L13	Maciços de fundação do pilone ou torre principal
L3	Contraventamentos da torre	L14	Olhal
L4	Vão com viga de alma cheia	L15	Membrura / Banzo / Corda superior da treliça / viga de rigidez
L5	Maciço de ancoragem continental	L16	Montante
L6	Torres dos viadutos de acesso	L17	Membrura / Banzo / Corda inferior da treliça / viga de rigidez
L7	Barras de olhal	L18	Diagonais
L8	Vão com viga treliçada	L19	Pendurais
L9	Treliça tipo Warren	L20	Bases das fundações das torres
L10	Torre principal ou Pilone	L21	Maciço de ancoragem insular
L11	Topo da Torre principal / Selas	L22	Encontro insular

Figura 4.9: a – Seção transversal da parte central do vão pênsil e b – Seção transversal do viaduto de acesso.



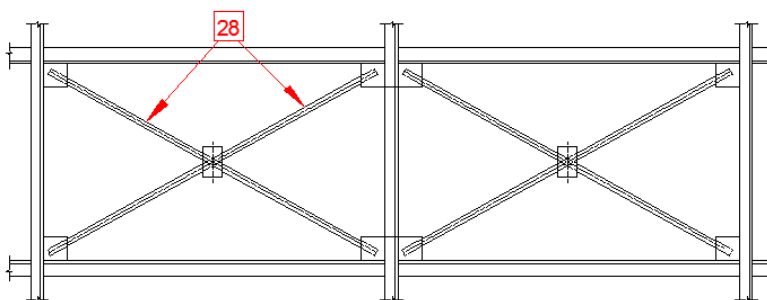
Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

Figura 4.10: a – Seção transversal das extremidades do vão central e b – Seção transversal do viaduto de acesso.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

Figura 4.11: Vista inferior do tabuleiro no vão pênsil.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

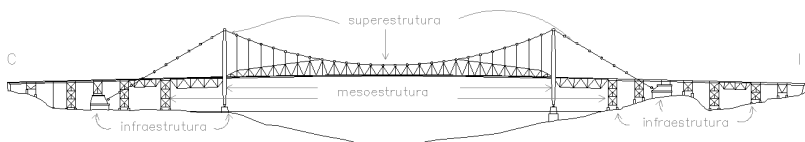
Legenda

L23	Longarinas internas / Secundárias	L30	Adutora / Abastecimento de água
L24	Transversina	L31	Guarda-corpo do passeio
L25	Passeio de pedestres	L32	Contraventamento superior da treliça / Viga de rigidez
L26	Treliça / Viga de rigidez	L33	Viga de alma cheia
L27	Estrado de madeira	L34	Viga treliçada do tipo Warren
L28	Contraventamentos	L35	Barra de Olhal
L29	Suporte / Console do passeio	L36	Pendural

4.6 ELEMENTOS DO PROJETO DA PONTE HERCÍLIO LUZ

As pontes são classificadas tecnicamente como obras de arte especiais e sua composição estrutural pode ser dividida basicamente em três partes: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. A divisão estrutural da ponte Hercílio Luz é apresentada na figura 4.12.²

Figura 4.12: Estrutura da ponte completa, infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

A infraestrutura é composta pelas fundações e tem o objetivo de distribuir os esforços da mesoestrutura ao terreno. Os dois encontros também fazem parte da infraestrutura, situados nas extremidades da ponte. As fundações são constituídas por quatro fundações submersas, dois maciços de ancoragem e quarenta e duas sapatas das torres secundárias.

A mesoestrutura é a parte intermediária que transfere para as fundações os esforços recebidos diretamente da superestrutura e de outras forças solicitantes, como a pressão do vento e da água em movimento. Esta parte é constituída pelas torres metálicas dos viadutos de acesso, as duas torres principais do vão pênsil e os respectivos aparelhos de apoio. Também permite determinados movimentos da superestrutura.

A superestrutura é composta pela plataforma que é formada por vigas de alma cheia, vigas do tipo Warren, consoles do passeio, consoles da adutora e vigamento principal e secundário com transversinas e longarinas. Estes últimos elementos são responsáveis pelo suporte do estrado de madeira. Além disso, a estrutura principal suporta as cargas do vão central, da viga de rigidez treliçada, dos pendurais, e de todas as barras de olhal, inclusive dos maciços de ancoragem.

² Além desta divisão dos elementos estruturais, encontra-se na literatura outras formas de subdivisão para pontes e viadutos. Essa definição pode gerar dúvidas porque toda a estrutura atua de forma conjunta (CATAI, 2005).

A estrutura principal da ponte Hercílio Luz é constituída por um sistema de suspensão que é formado pela cadeia de barras de olhal dispostos em uma parábola.

4.6.1 Fundações

A distribuição das fundações no terreno foi pré-definida conforme o tamanho dos vãos da superestrutura, como pode ser visto na figura 4.13. Os maciços de ancoragem são grandes blocos de concreto situados no continente e na ilha. Sua função é fazer a amarração da corrente de suspensão formada por barras de olhal. As barras da ancoragem e vigas de reação são incorporadas no concreto. A sua face superior também é utilizada como apoio dos viadutos de acesso. O tipo de solo rochoso favoreceu a implantação das fundações, sendo apoiadas diretamente em rocha. Segundo Steinman (1929), ambas as ancoragens tem a forma de U em planta baixa, de modo a maximizar a eficiência estrutural.

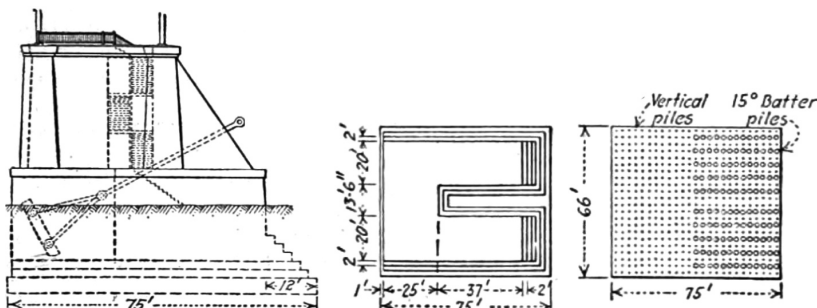
Figura 4.13: Fundações de concreto nas cabeceiras no continente (C) e na ilha (I).



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

O projeto previa a construção das ancoragens insular e continental sobre a rocha, mas o terreno continental não apresentou superfície rochosa no nível esperado, sendo necessário realizar uma fundação com estacas. O maciço foi engastado no terreno por meio de estacas de madeira sendo que a base inferior deste maciço mede 22,86 m (75') por 20,12 m (66'), conforme mostra a figura 4.14.

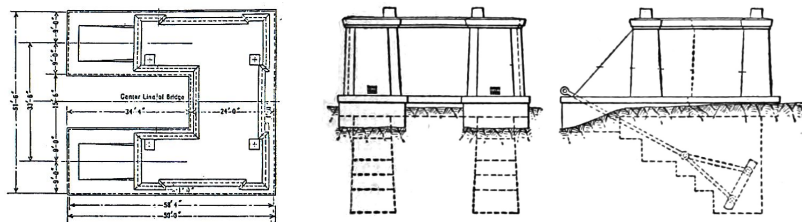
Figura 4.14: Vista lateral, superior e inferior do maciço de ancoragem do lado do continente.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1929)

O maciço de ancoragem insular é um grande bloco de concreto, medindo 18 m por 15,7 m em planta baixa, situada cerca de 8 metros abaixo do nível do terreno. O bloco é engastado no terreno por meio de recorte da rocha existente, conforme ilustrado na figura 4.15.

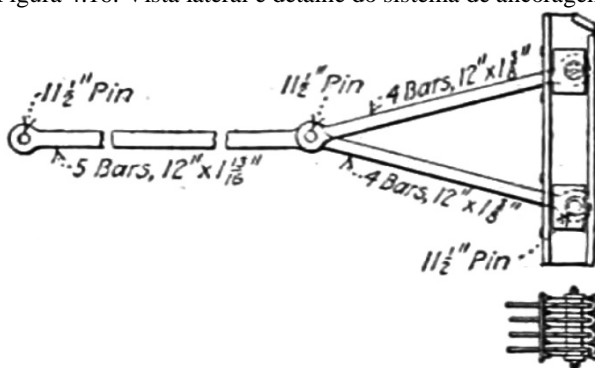
Figura 4.15: Vista superior, frontal e lateral do maciço de ancoragem do lado da ilha.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1929)

A ancoragem das barras de olhal tem a forma de Y no interior do maciço, conforme mostrado na figura 4.16. Cinco barras de olhal são posicionadas com apenas um olhal fora do maciço. Os olhais do interior são fixados em dois conjuntos de quatro barras de olhal, onde oito barras são fixadas em grandes vigas metálicas no fundo do maciço de ancoragem. A viga de ancoragem tem cerca de 4,9 m (16') de comprimento, composta de cinco vigas reforçadas com placas perfuradas e ligados entre si por chapas de aço.

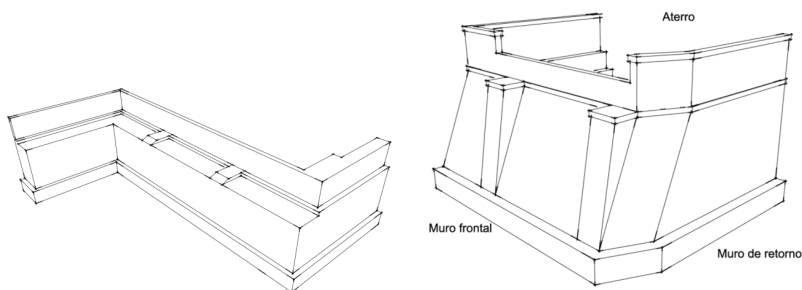
Figura 4.16: Vista lateral e detalhe do sistema de ancoragem.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1929)

Os Encontros Continental e Insular são realizados com paredes portantes onde se apoiam os viadutos de acesso. Estes elementos são utilizados com a finalidade de resistir aos empuxos dos aterros de acesso, evitando sua transmissão aos demais elementos da ponte. Além disso, eles resistem aos esforços horizontais de aceleração e frenagem dos veículos aplicados no tabuleiro. Estes Encontros servem também como proteção contra a erosão pela ação de águas pluviais. O projeto dos Encontros apresentados na figura 4.17 permite o nivelamento do terreno nas cabeceiras. O Encontro da extremidade continental é mais baixo e possui dois muros em sentidos diferentes, conforme apresentado na figura 4.17 a. O Encontro Insular é mais alto e possui um aterro na parte posterior, como pode ser observado na figura 4.17 b.

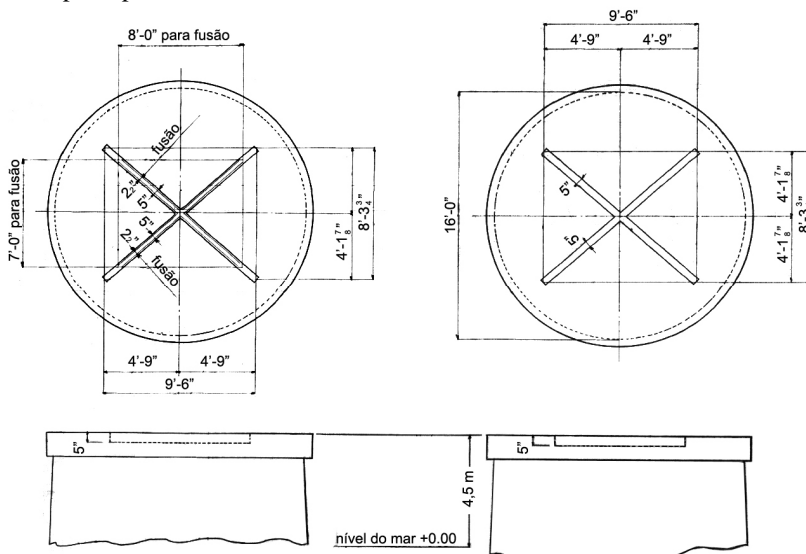
Figura 4.17: a – Perspectiva do Encontro continental, b – Perspectiva do Encontro insular.



Fonte: elaborado pelo autor.

As fundações das torres principais são quatro blocos de concreto subaquáticos, com as faces superiores a 4,5 metros do nível da água. A forma do bloco é cilíndrica com 4,88 m (16') de diâmetro. O baixo relevo na forma de um X com 12,7 cm (5") de profundidade foi utilizado para fixar os sistemas de rótula da base das torres principais, como mostrado na figura 4.18.

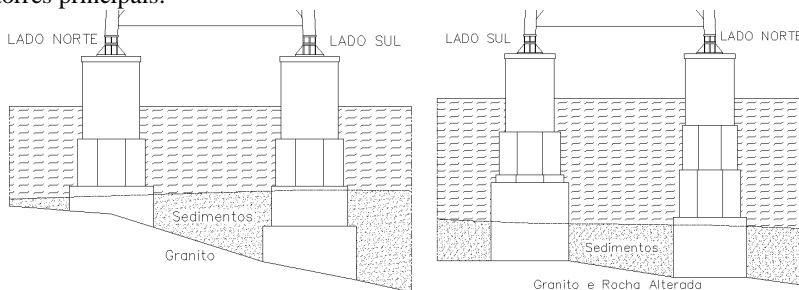
Figura 4.18: Vista superior e vista transversal de dois blocos de fundação das torres principais.



Fonte: adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

As fundações foram construídas com diferentes níveis, terminando na forma cilíndrica. A parte inferior com forma de caixa foi apoiada diretamente em rocha e os níveis intermediários foram construídos com forma octogonal, conforme mostrado na figura 4.19.

Figura 4.19: Vista superior e vista transversal de dois blocos de fundação das torres principais.



Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

4.6.2 Viadutos de acesso

Os viadutos de acesso são constituídos de vãos isostáticos com vigas de alma cheia ou com treliças do tipo “Warren Modificado”. As torres principais e os encontros constituem os apoios extremos dos viadutos de acesso. As torres treliçadas configuram os apoios intermediários. Os viadutos de acesso são apoiados nas torres treliçadas que se elevam até a cota de cerca de 35 metros acima do nível do mar. Estas torres estão apoiadas nas bases de concreto. Os vãos maiores dos viadutos são constituídos pelas treliças tipo Warren e nos demais vãos por vigas de alma cheia, como pode ser observado na figura 4.20.

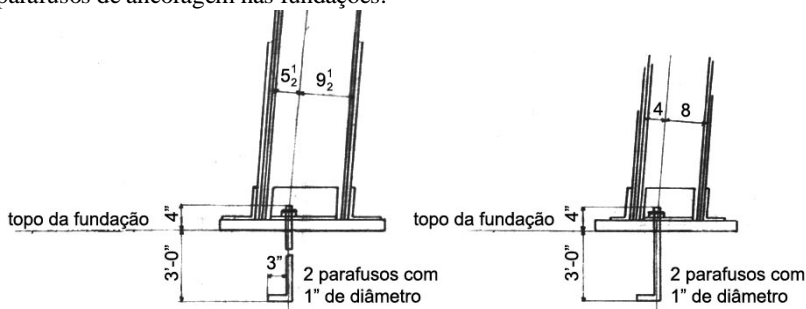
Figura 4.20: Torres para suporte dos viadutos de acesso no continente (C) e na ilha (I).



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

As torres metálicas situadas em terra são os elementos que estruturam os viadutos de acesso. No total são 12 torres, 6 no continente e 6 no lado da ilha. Deste total apenas uma apresenta duas pernas e as outras possuem quatro pernas de apoio. As torres determinam o nível da plataforma, fazendo a ligação do vão pênsil até as cabeceiras. A altura de cada torre varia conforme a topografia do terreno. As torres de sustentação dos viadutos são constituídas por barras treliçadas reforçadas nos quatro cantos e contraventadas em X em cada tramo. Suas barras são rebitadas por meio de duas chapas posicionados no

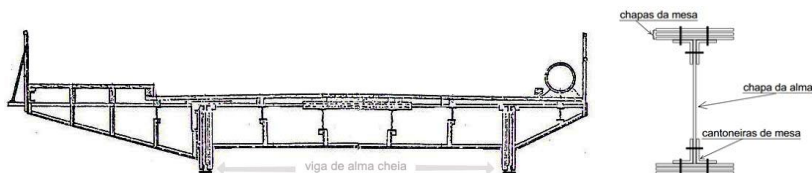
Figura 4.22: Vistas transversais da base das pernas das torres secundárias e parafusos de ancoragem nas fundações.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

As plataformas dos viadutos de acesso são constituídas por vigas de seção I com alma cheia, conforme ilustrado na figura 4.23 a. A principal vantagem deste tipo de viga é a simplicidade da forma e o custo baixo de fabricação. A viga é reforçada por meio do rebitamento de chapas de mesa e cantoneiras internas de reforço, conforme mostrado na figura 4.23 b.

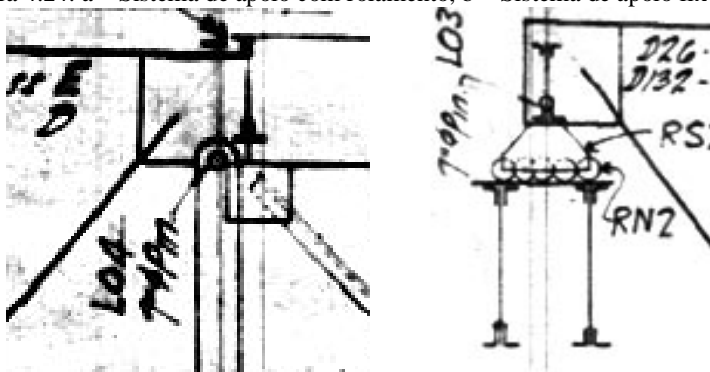
Figura 4.23: a – Seção transversal do viaduto, b - seção transversal da viga de alma cheia.



Fonte: Adaptado de Steinman (1923) e O'Connor (1975).

A treliça tipo Warren é constituída por corda superior e inferior de seção retangular, montantes e diagonais. Nas extremidades da parte superior foram projetados dois sistemas de apoio diferentes, conforme ilustrado na figura 4.24. O primeiro é conectado por meio de um pino que permite a rotação. O segundo é um sistema de rolamentos que permite o deslocamento longitudinal de toda a treliça.

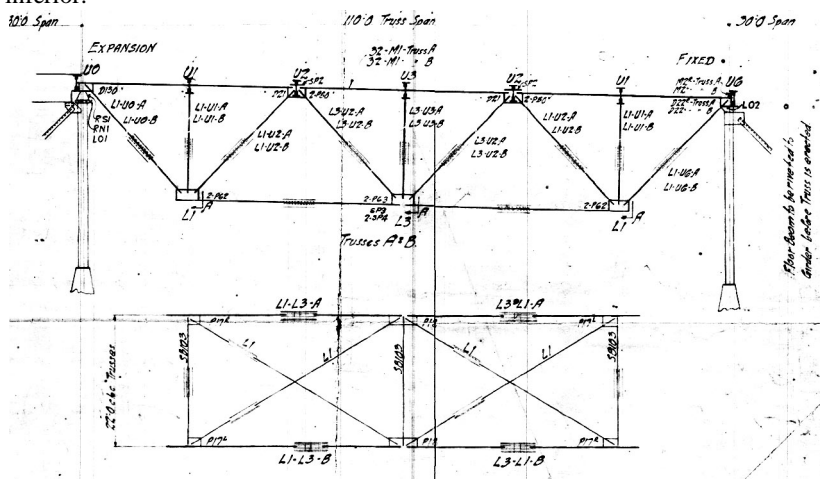
Figura 4.24: a – Sistema de apoio com rolamento, b – Sistema de apoio fixo.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

A treliça tipo Warren é a forma mais simples adotada para transpor vãos entre 50 e 100 metros de comprimento. A disposição das hastes é o que caracteriza este tipo de treliça. As treliças tipo Warren estão situadas nos vãos treliçados dos viadutos de acesso da ponte, apresentando dois comprimentos diferentes. Os maiores vãos dos viadutos de acesso são constituídos por estas vigas treliçadas, que podem ser observadas na figura 4.25.

Figura 4.25: Perfil longitudinal de treliça Warren e vista do contraventamento inferior.

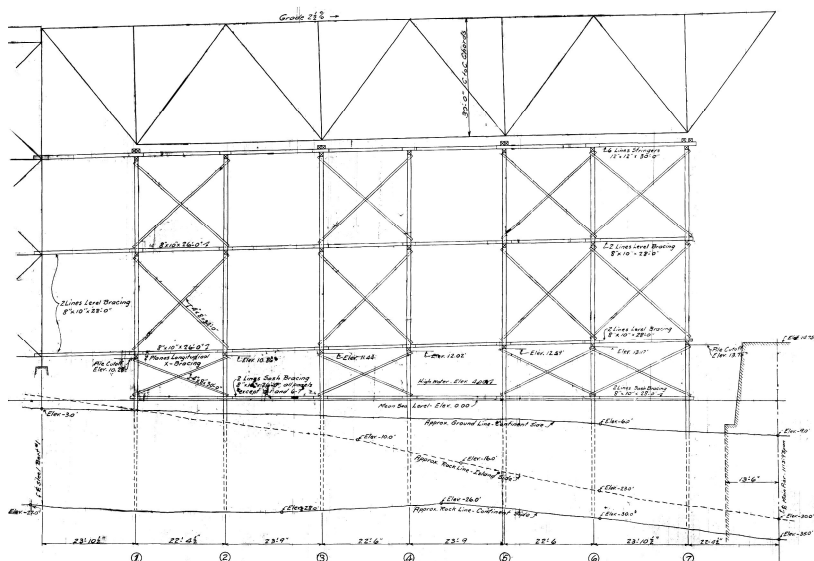


Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

4.6.3 Sistemas de andaimes

O projeto inicial previa a construção de andaimes para a montagem das treliças do tipo Warren, que deveriam estar conectadas às torres principais. Estas estruturas temporárias foram realizadas com madeira maciça na forma de torres treliçadas, que partiam do nível do terreno e se estendiam até a linha inferior da treliça Warren. O projeto mostrado na figura 4.26 apresenta duas linhas de desnível do terreno, representando o lado continental e o lado insular. Os andaimes foram construídos abaixo das treliças tipo Warren e ao lado das duas torres principais, sendo parcialmente submersos.

Figura 4.26: a – Sistema de apoio com rolamento, b – Sistema de apoio fixo.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

4.6.4 Torres principais

As torres principais, que servem para a sustentação dos cabos da ponte pênsil, são constituídas por perfis de aço com seções variáveis e barras treliçadas que assumem a função de contraventamento: uma abaixo do nível do viaduto de acesso e três acima do nível do viaduto, como mostrado na figura 4.27.

Figura 4.27: Torres principais no continente (C) e na ilha (I).

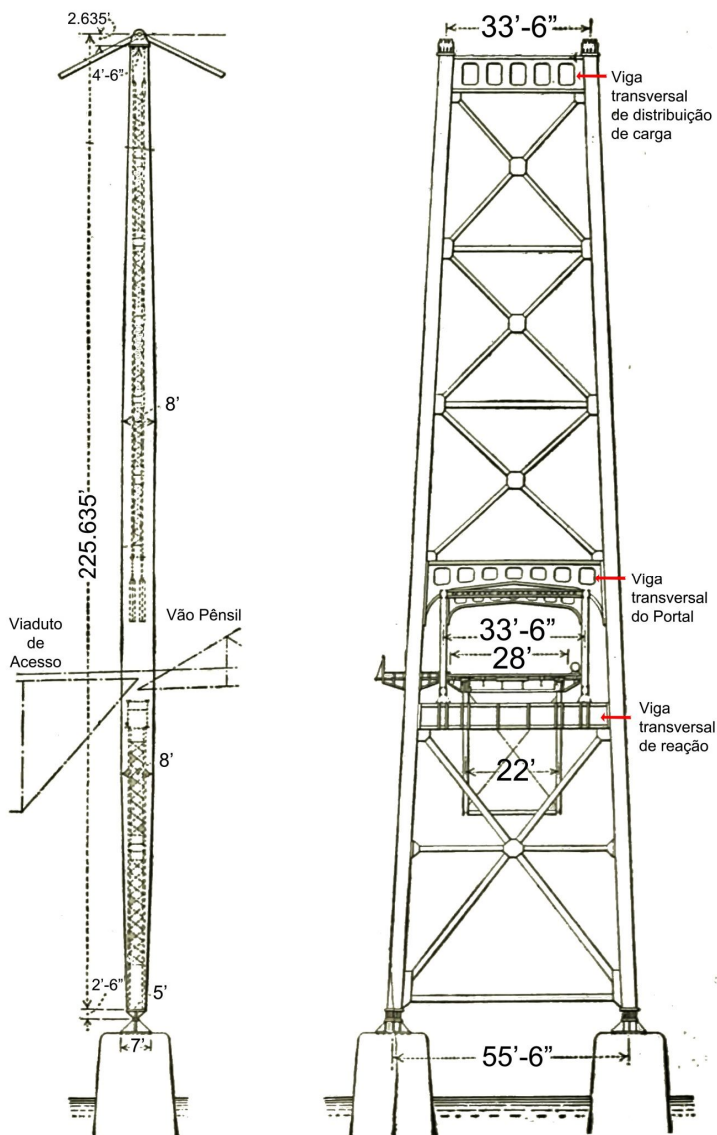


Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

As torres principais possuem uma sela de apoio no topo e uma rótula na base. Este tipo de torre com base rotulada transfere os esforços para o sistema de ancoragem, para as barras de olhal e para os maciços de ancoragem, gerando redução nas barras das torres principais. Também reduz o trabalho de montagem necessário para erguer as torres. Há uma redução substancial das seções resistentes em função da redução dos esforços atuantes.

As torres principais têm aproximadamente 70 metros de altura (230'), conforme pode ser visto na figura 4.28 a. As pernas são inclinadas para fora, a partir de uma largura de topo de 10,21 metros (33'6") com uma largura de 16,92 m (55'6") na sua base. A largura na parte superior corresponde à largura entre eixos das treliças do vão pênsil (33'6"). Deste modo as barras de suspensão ficam alinhadas em toda a extensão do vão central, como mostrado na figura 4.28 b. Este tipo de concepção da torre foi introduzido por Holton D. Robinson na construção da ponte pênsil, para facilitar a montagem da treliça e a construção do tabuleiro por meio do pórtico do pilone sem interferência das pernas. Outra vantagem adicional é o aumento da estabilidade transversal, relevante quando se trata de pontes estreitas.

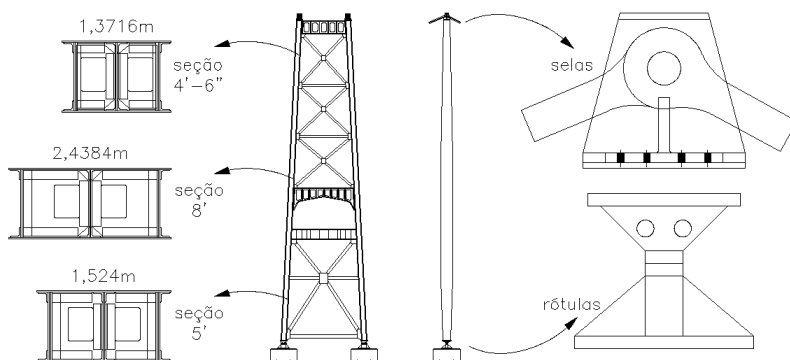
Figura 4.28: a – Vista lateral da torre principal e b – Vista transversal da torre principal.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1929)

Cada uma das pernas da torre ou coluna é constituída por uma seção de caixa dupla, possuindo uma largura longitudinal máxima de 2,4 m (8') e uma largura constante transversal com cerca de 1m (3'6,5"). Os 2,4 metros (8') de largura afunilam a 1,4 m (4'6") na parte superior, e a cerca de 1,5 m (5') na base, conforme pode ser observado na figura 4.29 a. Esta variação do corte transversal foi calculada para cuidar da tensão de flexão variável produzida pelos esforços ao longo da torre. Dentro da torre, ainda foram projetados dois diafragmas de rigidez transversais em intervalos de cada seção da coluna.

Figura 4.29: a - Seções da torre principal e b – Sela do topo da torre e sistema de rótula da base da torre.



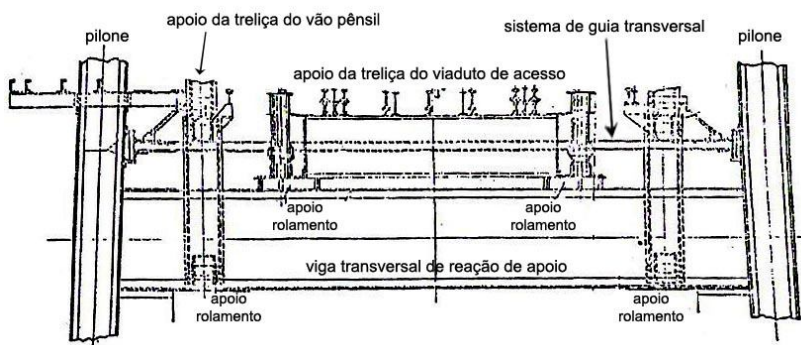
Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

A torre foi concebida com uma componente horizontal máxima de 1750,87 toneladas em cada cabo, o que resulta em uma reação vertical máxima de 1719,12 toneladas por coluna. Estes esforços são complementados pelas reações verticais da treliça de rigidez com 108,86 toneladas e do viaduto de acesso com 136,08 toneladas. Além disso, a parte superior da torre é submetida a um impulso lateral máximo da força do vento de 34,02 toneladas por torre, transmitida através dos cabos. No nível inferior, a torre recebe as reações laterais das treliças com cerca de 86,18 toneladas. Todos estes esforços são considerados na proporção das colunas da torre e dos travamentos transversais. A instabilidade da ancoragem na parte superior das torres, as quais, de outra forma afetariam materialmente as seções da coluna, é eliminada pelo recurso da base rotulada.

As duas pernas da torre estão conectadas por componentes de travamento diagonal e travessas rígidas. Essas últimas são constituídas

por uma viga transversal de distribuição na parte superior da torre, um pórtico com uma viga transversal logo acima da treliça do vão central, e uma viga transversal que suporta as treliças do vão pênsil e do viaduto de acesso, como mostrado na figura 4.30.

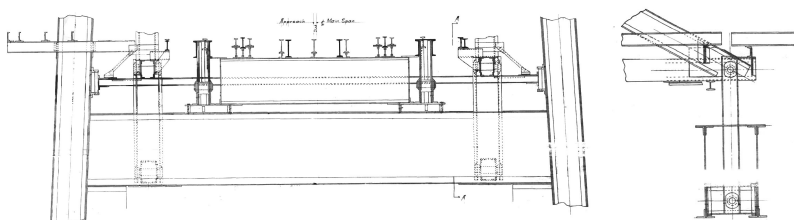
Figura 4.30: Sistemas de apoio das treliças do vão pênsil e do viaduto de acesso na viga da torre principal.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

Esta viga de reação tem uma seção resistente que suporta as guias de rolamento do viaduto de acesso e o pino de ligação da treliça de rigidez. Essas guias resistem às ações verticais e permite o movimento necessário de expansão longitudinal. O detalhe do apoio na viga transversal de reação do pilone pode ser observado na figura 4.31.

Figura 4.31: a – Vista transversal do sistema de apoio do vão pênsil na torre principal, b – Vista lateral.

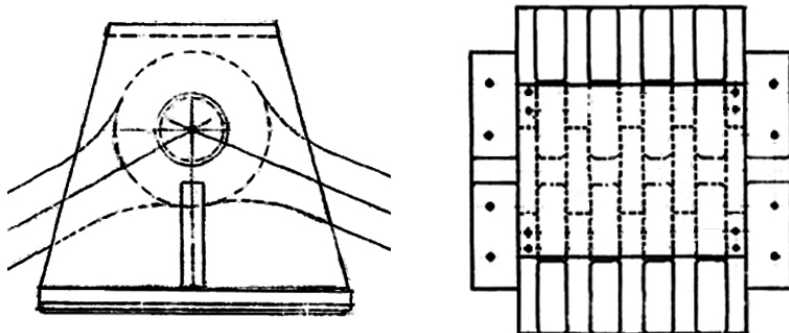


Fonte: Adaptado de Steinman (1929).

O topo das torres principais é constituído por uma sela onde é realizada a conexão com as barras de olhal. A sela é constituída por chapas de aço maciço que conectam as barras de olhal por meio de um

pino, conforme mostrado na figura 4.32 a. A sua base é fixada com oito parafusos no topo da torre principal, como pode ser observado na figura 4.32 b.

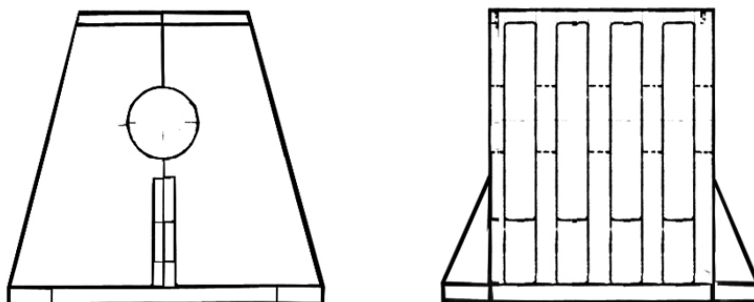
Figura 4.32: a – Vista lateral da sela no topo da torre principal, b – Vista superior.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

A lateral da sela apresenta uma abertura para a passagem do pino de ligação, permitindo a ligação entre as oito barras, como mostrado na figura 4.33 a. A outra lateral apresenta as quatro aberturas por onde são inseridas as barras de olhal. Cada abertura tem a largura suficiente para o encaixe de duas barras de olhal, conforme pode ser observado na figura 4.33 b.

Figura 4.33: a – Vista lateral da sela no topo da torre principal, b – Vista frontal.

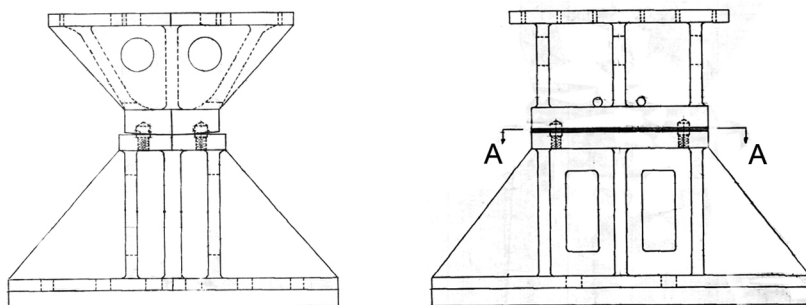


Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

Na base da torre principal encontra-se a rótula. Esta peça de aço maciço está dividida em duas partes: a primeira é o pedestal ou base que repousa sobre os pilares de concreto, cuja superfície mede 0,68 m por

1,14 m (27" por 45"). A segunda é constituída pelo conjunto da rótula que é fixada na base da perna da torre. Sua superfície inferior é curva com um raio de 3,65 m (12'). A linha de contato é de 1,14 m (45") de comprimento. Os detalhes de projeto podem ser observados nas duas peças sobrepostas, mostrados nas figuras 4.34 a e b.

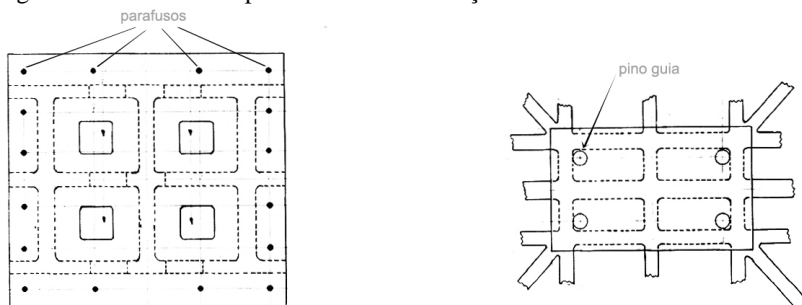
Figura 4.34: a – Vista lateral da sela e b – Vista transversal da sela.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

A parte superior da rótula possui dezesseis parafusos para a conexão com a torre, conforme mostra a figura 4.35 a. Para assegurar possível deslocamento entre as duas peças foram projetados quatro pinos rosqueados com 12,5 cm (5") de diâmetro, como ilustrado na figura 4.35 b. O conjunto do sistema de rótula, foi testado em fábrica com os pinos posicionados nos locais previstos.

Figura 4.35: a – Vista superior da sela e b – Seção a-a da sela.

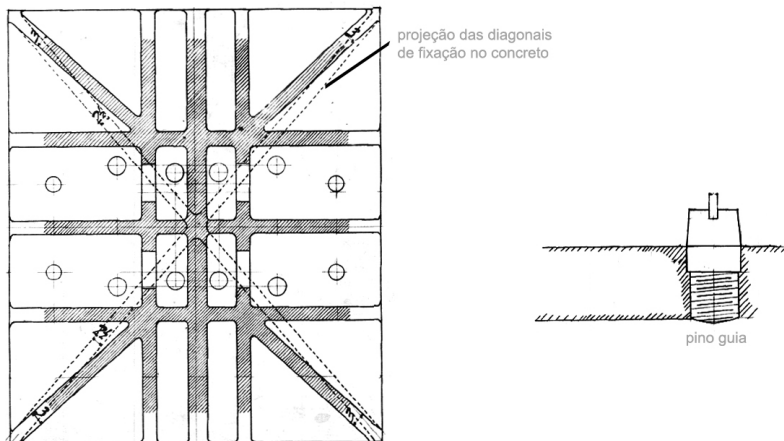


Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

Na face inferior do pedestal, duas saliências com comprimento equivalente às diagonais apresentam ranhuras na alvenaria para evitar

possível deslizamento do conjunto, como pode ser visto na figura 4.36 a. A reação vertical máxima em cada conjunto de rótula é de 2.420 toneladas.

Figura 4.36: a – Vista da parte inferior da sela e b – Detalhe do pino guia.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

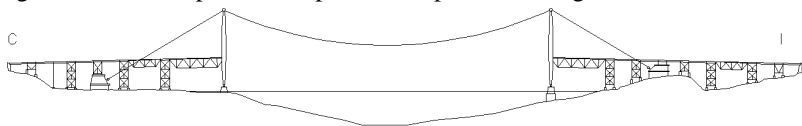
Segundo Steinman (1926), a ponte Hercílio Luz foi a primeira ponte pênsil americana, com grande vão, construída com torres rotuladas. As únicas pontes com grandes vãos construídas com este recurso eram a Ponte Elizabeth em Budapeste, Hungria (1903) e a ponte sobre o rio Reno em Colônia na Alemanha (1915).

4.6.5 Cabos provisórios

Os cabos provisórios, ilustrados na figura 4.37, apresentam a função de propiciar o deslocamento dos carrinhos (*trolley*). Os *trolleys* foram projetados para suspender as barras de olhal no vão central e na parte externa dos viadutos de acesso. Desse modo, as barras de olhal são transportadas em todo o vão central estendendo-se até o nível do tabuleiro. O projeto prevê a instalação de barras de olhais dos maciços de ancoragem até o nível do tabuleiro para manter a simetria entre os lados continental e insular. Foram realizadas estruturas provisórias para executar a montagem. Uma estrutura estava situada no nível do tabuleiro, sendo composta por uma viga metálica. A outra se localizava no topo das torres principais, por onde deslizavam os cabos. Foram

projetados três *trolleys*, um para o vão central e outros dois para cada viaduto de acesso.

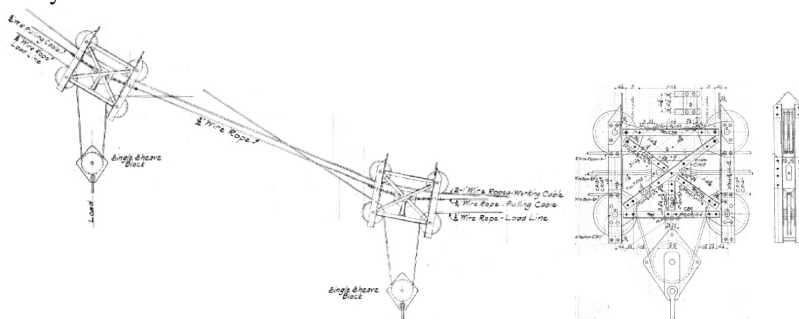
Figura 4.37: Cabos provisórios para o transporte e montagem dos olhais.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

O sistema do deslocamento dos *trolleys* utiliza cabos de suspensão apoiados em um cabo guia superior provido de duas roldanas. Na parte central são fixados os cabos para puxar o *trolley*. As duas roldanas inferiores sustentam o cabo de elevação, sendo que outra roldana é fixada na barra, conforme pode ser visto nas figuras 4.38 a e b.

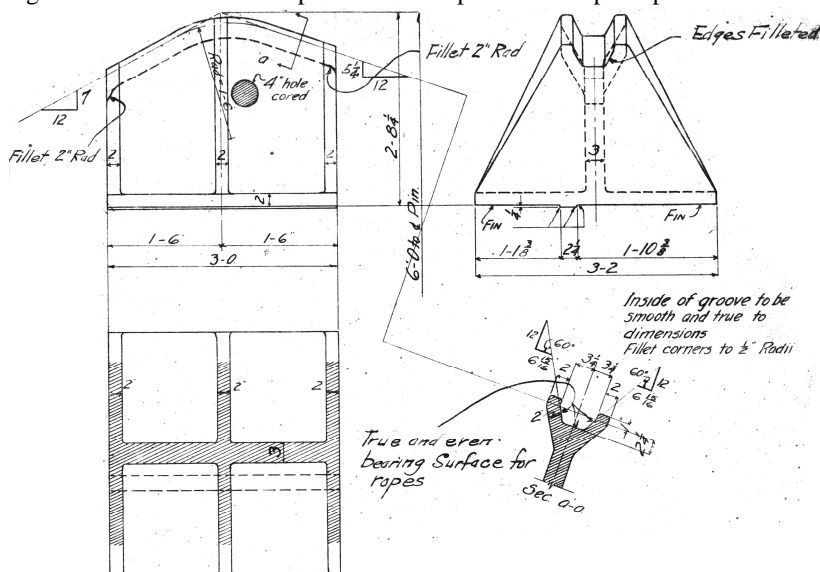
Figura 4.38: a - Trolley apoiado no cabo provisório e b – Detalhe de projeto do trolley.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

O transporte aéreo das barras de olhal é realizado por vinte e quatro cabos fixados nos viadutos de acesso e apoiados no topo das torres principais nas selas, como apresentado na figura 4.39. Este conjunto era apoiado no topo das torres principais e deslizava conforme o carregamento das barras no vão central.

Figura 4.39: Sistema de sela provisória no topo das torres principais.

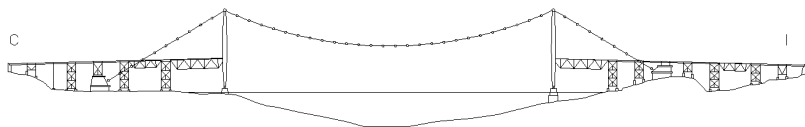


Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

4.6.6 Barras de olhais

A estrutura tensionada é constituída por barras de olhal com cerca de 12 metros de comprimento. As barras são articuladas por meio de olhais, sendo que cada segmento é constituído de quatro barras de olhal. O vão central apresenta 27 segmentos, totalizando 216 barras no lado norte e sul da ponte. A ancoragem da parte continental apresenta dez segmentos nos lados norte e sul que totaliza 80 barras. A ancoragem da parte insular apresenta 8 segmentos, totalizando 64 barras. A ponte foi projetada com 360 barras na superestrutura. Além dessas barras foram fabricadas as 48 barras para a ancoragem. O perfil da ponte com cada um destes elementos pode ser observado na figura 4.40.

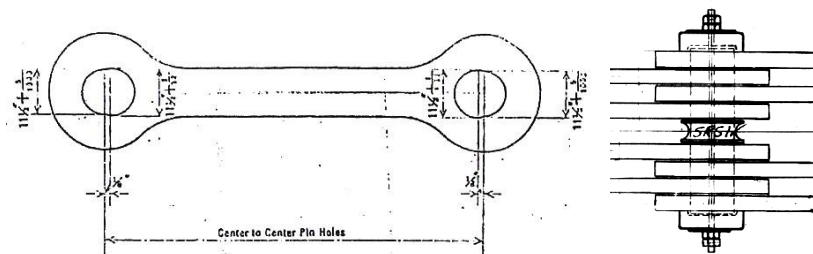
Figura 4.40: Montagem das barras de olhais.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

As barras de olhal são formadas por peças maciças de aço com perfurações cilíndricas que permitem suas ligações por meio de um pino, conforme mostrada na figura 4.41 a. As barras de olhal são posicionadas de modo simétrico, conforme mostrado na figura 4.41 b de modo a evitar esforços por excentricidade.

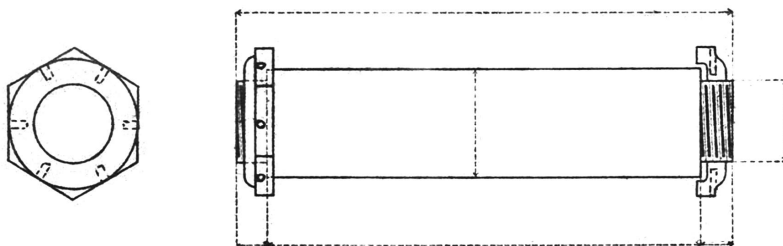
Figura 4.41: a – Barra de olhal, b - União de oito barras de olhais por meio de pino.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

Para facilitar a entrada dos pinos durante a montagem, o olhal foi projetado em um formato oval. O círculo menor tem o diâmetro do pino 11,5" mais 0,005", enquanto o círculo maior tem 11,5" mais 1/22" e a distância entre o centro de cada círculo é 1/8". Esta configuração do olhal reduz as tensões secundárias na cabeça da barra e também as tensões ao longo da superfície do furo. O pino de ligação dos olhais apresenta diâmetro 11,5", um pouco menor que o olhal. Uma rosca para aparafusamento de segurança foi projetado em uma de suas extremidades, conforme apresentado na figura 4.42.

Figura 4.42: Pino de ligação das barras de olhais.



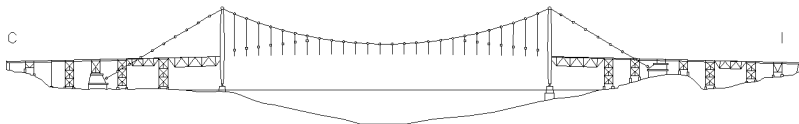
Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

As barras de olhal foram projetadas para suportar o peso próprio do vão pênsil, as cargas de serviço e as cargas acidentais. Os pinos de ligação não formam uma catenária ou uma parábola, pois os pesos no vão suspenso não é uniforme ao longo da linha horizontal da ponte. A posição da cadeia de barras de olhal no espaço forma uma poligonal que passa por três pontos fixos: um no topo de cada torre principal e um outro ponto no centro do vão pênsil, cuja flecha mede cerca de 36,576 m (120').

4.6.7 Pendurais e montantes

Os pendurais são constituídos por cabos de aço duplos que partem dos nós das vigas treliçadas, passam pelos pinos das barras de olhais e voltam para os nós da treliça. A quantidade de pendurais foi definida pelo tamanho das barras de olhal. Estas barras foram projetadas suficientemente longas para maximizar a eficiência da sua distribuição, conforme pode ser visto na figura 4.43.

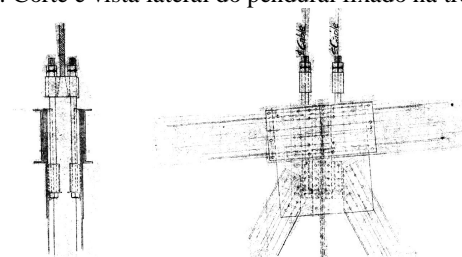
Figura 4.43: Montagem dos pendurais e dos montantes.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

Os 28 pendurais fazem a ligação da cadeia de barras de olhal com a treliça nas extremidades do vão pênsil. As duas pontas do cabo são fixadas no nó da treliça, fazendo uma volta no pino de ligação da barra de olhal. A primeira ponta é fixada no conjunto de barras com parafusos e porcas na treliça, realizando uma volta no centro do pino de ligação das barras. A segunda ponta do cabo é grampeada novamente no mesmo nó da treliça, conforme apresentado na figura 4.44.

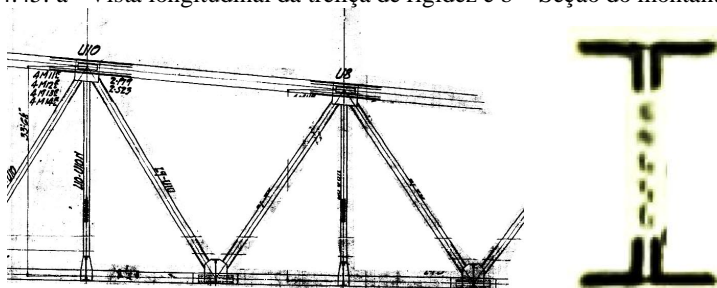
Figura 4.44: Corte e vista lateral do pendural fixado na treliça.



Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

Os montantes são elementos verticais da treliça de rigidez com seção em I, que são conectados aos nós dos pendurais como apresentado nas figuras 4.45 a e b. A parte central dos montantes é constituída por uma treliça. O conjunto de barras, montantes e diagonais forma uma estrutura tridimensional de rigidez no vão pênsil.

Figura 4.45: a - Vista longitudinal da treliça de rigidez e b – Seção do montante.

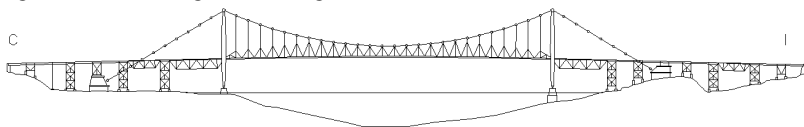


Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

4.6.8 Diagonais e corda inferior do vão central

As diagonais das laterais da estrutura do vão central são constituídas por barras treliçadas que na parte central são fixadas diretamente nos olhais. Próximos às torres principais, elas são fixadas nos montantes e nos pendurais. As duas cordas inferiores se estendem de uma torre a outra e constituem as linhas inferiores da estrutura de rigidez do vão central. As cordas inferiores formam uma curva, gerando uma variação na altura do vão central, conforme apresentado na figura 4.46.

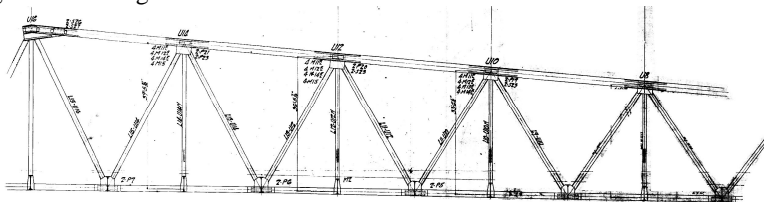
Figura 4.46: Montagem das diagonais e da corda inferior.



Fonte: adaptado do DEINFRA. (2004)

As diagonais são barras inclinadas e a corda inferior é a base da treliça situada ao longo de todo o vão pênsil, conforme pode ser visto na figura 4.47. Estas peças foram projetadas para serem facilmente conectadas no local da obra por meio de chapas e rebites.

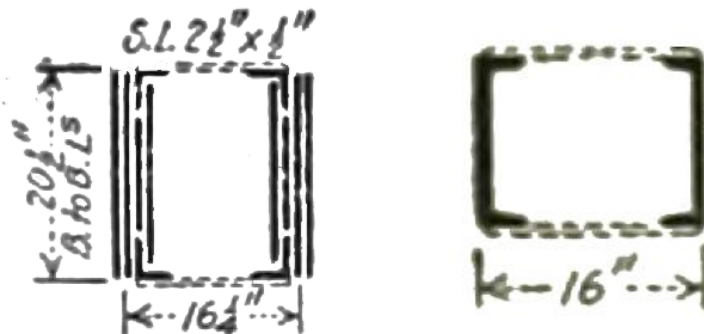
Figura 4.47: Diagonais e da corda inferior.



Fonte: adaptado de Steinman. (1923)

Os elementos que formam as cordas inferior e superior apresentam a seção retangular. A seção da corda inferior mede 41 cm por 52 cm, como mostrado na figura 4.48 a. A seção da diagonal mede 40 cm por 46 cm, conforme mostrado na figura 4.48 b.

Figura 4.48: a – Seção transversal da corda inferior e b – Seção transversal da diagonal.

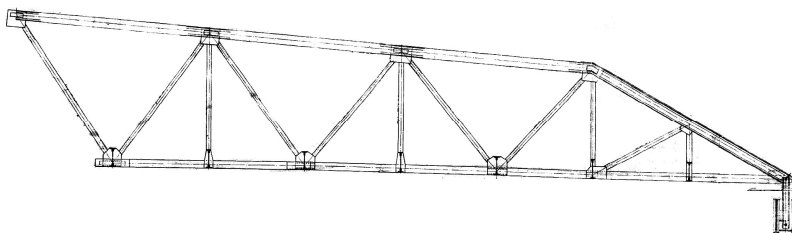


Fonte: Adaptado de Steinman. (1923)

4.6.9 Corda superior e contraventamento

As cordas superiores da estrutura rígida do vão central são formadas por barras treliçadas que se conectam aos montantes e diagonais, conforme mostrado na figura 4.49. A seção da corda superior é retangular, medindo 44 cm por 62 cm, sendo sua conexão com as outras peças realizada por chapas e rebites.

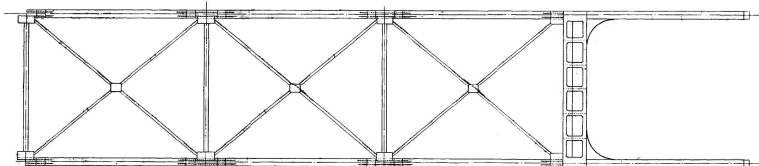
Figura 4.49: Vista longitudinal da treliça.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

O contraventamento da parte superior da estrutura de rigidez do vão central é constituído por barras treliçadas em formato de X. Na parte central do X e nas extremidades das peças a conexão é realizada por meio de chapas metálicas e rebites, como apresentado na figura 4.50. O contraventamento da parte inferior da estrutura rígida do vão central é realizado com dois perfis em seção L conectados entre si e também formam um X.

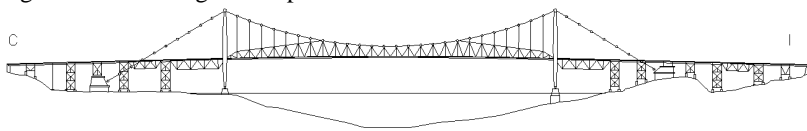
Figura 4.50: Vista superior da treliça.



Fonte: adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

As cordas e contraventamentos superiores da treliça foram as últimas peças do projeto a serem executadas. O projeto previa a conexão dos nós por meio de chapas metálicas. A forma final do projeto com todos os elementos pode ser visto no perfil da figura 4.51.

Figura 4.51: Montagem dos pendurais e dos montantes.

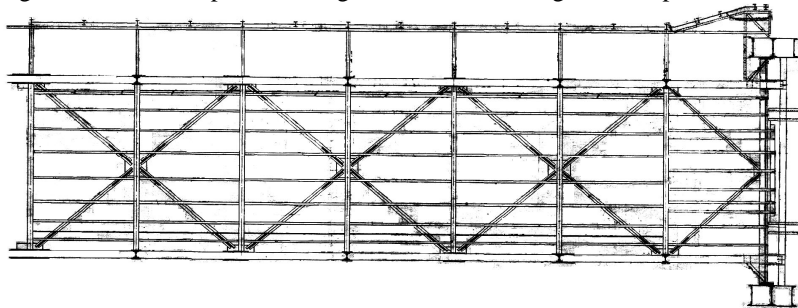


Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

4.6.10 Longarinas e vigas transversais

As vigas transversais são peças metálicas dispostas em toda a extensão da ponte, coincidindo com a posição dos consoles do lado norte e sul. As vigas também estão conectadas aos nós dos montantes e diagonais da treliça de rigidez. As peças tem o perfil em I, sendo que na alma cheia são fixadas as longarinas no sentido longitudinal. A vista superior apresenta vigas transversais e longarinas, conforme mostrado na figura 4.52. O contraventamento inferior também é apresentado, sendo conectado com chapas retangulares no centro do X.

Figura 4.52: Vista superior das vigas transversais e longarinas da plataforma.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

As longarinas foram projetadas para apoiar a estrutura de madeira da pista de rolamento. As duas longarinas centrais são mais altas em consequência do projeto ferroviário. Dessa forma, as vigas transversais recebem o carregamento das longarinas e transferem as cargas para a mesoestrutura.

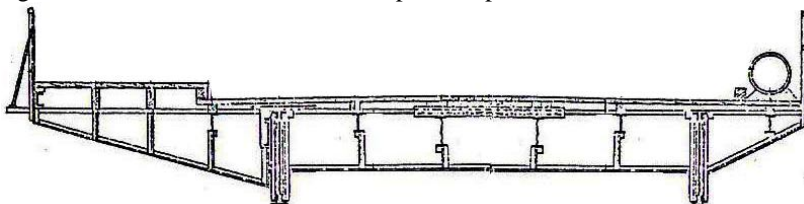
4.6.11 Passeio de pedestres, consoles e guarda-corpo

O passeio de pedestres foi projetado no lado norte da ponte, tendo aproximadamente 2,75 metros de largura. Foi projetado um degrau de

aproximadamente 20 centímetros que divide o passeio da pista de rodagem, sem que no entanto fosse colocado o guarda-corpo. O guarda corpo foi projetado como proteção apenas no lado externo da ponte. Abaixo do passeio de pedestres foram projetados os consoles de apoio que ficam em balanço.

Os consoles foram projetados para apoiar o passeio de pedestres em toda a extensão do lado norte da ponte. Os consoles do lado norte e sul fazem parte da pista de rodagem nos viadutos de acesso, conforme mostrado na figura 4.53. Esse detalhe do projeto ocorre em função da estrutura dos viadutos de acesso ser mais estreita que a pista do vão central.

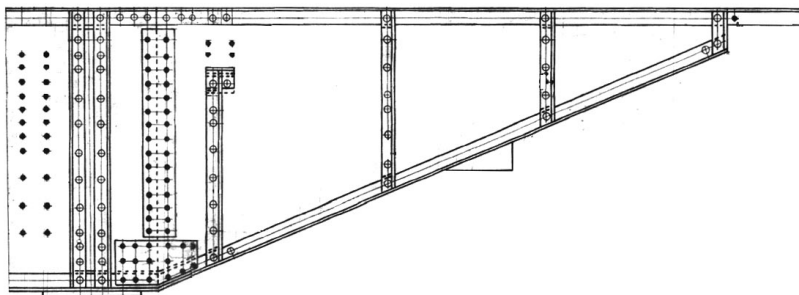
Figura 4.53: Console utilizado como suporte do passeio.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

O console maior tem aproximadamente 4 metros de comprimento, com comprimento variável. Os consoles dos viadutos de acesso são maiores que os do vão central. A altura maior do console coincide com a altura da viga longitudinal, onde a peça é rebitada. Considerando que os esforços nos passeios são inferiores à pista de rodagem, o formato inclinado dos consoles foi adotado para redução do consumo de material, conforme pode ser visto na figura 4.54. A extremidade do console apresenta uma cantoneira que foi projetada para fixar o reforço do guarda-corpo.

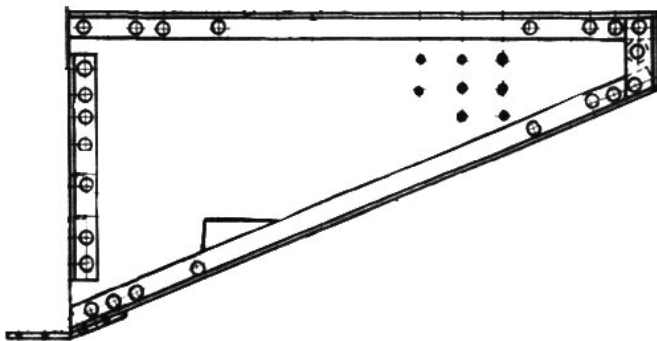
Figura 4.54: Console utilizado como suporte do passeio.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

O console do lado sul, onde se encontrava a adutora possui 1,2 metros de comprimento, sendo que sua altura coincide com a altura da viga longitudinal onde a peça é rebitada. Este guarda-corpo não foi projetado com um reforço, não apresentando uma cantoneira na sua extremidade. Entre estes consoles foram conectadas longarinas no sentido longitudinal da ponte, de modo a servir de apoio para a adutora de água. O projeto da peça possui algumas perfurações para ligação com a longarina, conforme mostrado na figura 4.55.

Figura 4.55: Console utilizado como suporte da adutora de água.

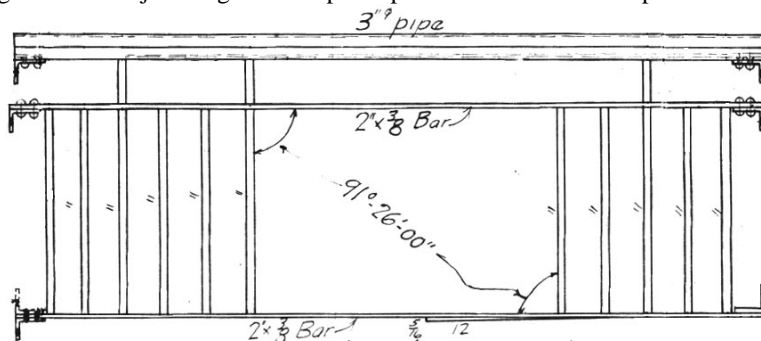


Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom (1923).

O guarda-corpo foi projetado em módulos para facilitar a fabricação, conforme pode ser visto na figura 4.56. As laterais do módulo apresentam cantoneiras perfuradas para receber os rebites. A altura projetada do guarda-corpo era de 1,14 metros, considerando a altura do piso até o topo do tubo superior. A parte superior foi projetada para ter um tubo de 7,62 cm (3") de diâmetro. A parte inferior possuía

barras verticais com uma abertura de 10 centímetros aproximadamente para garantir a segurança dos usuários.

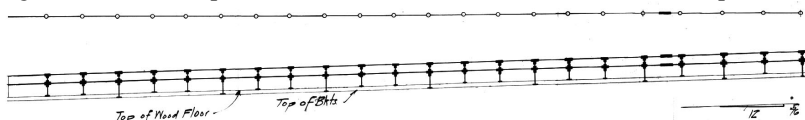
Figura 4.56: Projeto do guarda-corpo do passeio no lado norte da ponte.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

Estes fatores fizeram com que o guarda-corpo do lado sul da ponte fosse projetado com uma forma mais simples, como pode ser visto na figura 4.57. Foram projetadas apenas duas linhas longitudinais com tubos de 3,81 cm (1,5") de diâmetro, pois não estava previsto tráfego de pessoas nesta lateral da ponte. Além disso, a adutora de água formava um obstáculo anterior a esta proteção.

Figura 4.57: Vista superior e lateral da defesa metálica do lado sul da ponte.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

Uma junta de dilatação foi projetada para o guarda-corpo do lado sul, realizado por meio de um cilindro maior com diâmetro de 7,62 cm (3") que permitia o deslocamento de um tubo de menor diâmetro, como mostra a figura 4.58.

Figura 4.58: Detalhe da junta de dilatação da defesa metálica do lado sul da ponte.

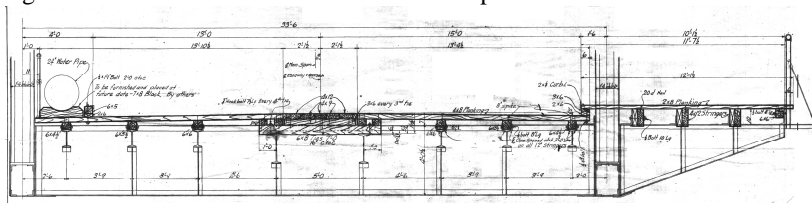


Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

4.6.12 Pista de rodagem de madeira

Os viadutos foram projetados com o estrado de madeira em rampa e inclinação de 2,5% no sentido do vão pênsil. Esta mesma inclinação continua sobre o vão central até a concordância dos dois lados no ponto central. A subestrutura do estrado de madeira foi projetada apresentando peças longitudinais que apoiavam nas longarinas metálicas. Da mesma maneira, foi realizado o passeio de pedestres. O projeto previa uma linha férrea no centro da pista com reforços transversais, cujos vigotes de madeira eram fixados nas longarinas metálicas por meio de ganchos. As longarinas centrais eram mais altas para poder suportar a carga da ferrovia, como mostrado na figura 4.59.

Figura 4.59: Corte transversal com detalhes do piso de madeira.



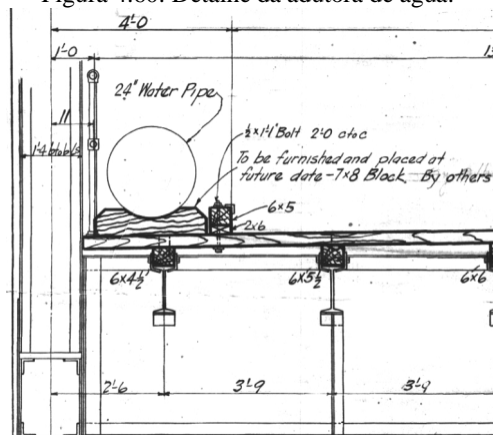
Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

Na figura 4.59, pode-se observar o posicionamento de outras seis longarinas para o tráfego de veículos com um sistema binário. O passeio de pedestre posicionado no lado norte da ponte pênsil é projetado com consoles metálicos que suportam quatro longarinas de madeira, que por sua vez suportam o estrado posicionado transversalmente, servindo como pavimentação do passeio.

4.6.13 Adutora de abastecimento de água

O projeto da ponte previa uma adutora para o abastecimento de água da ilha. Os projetistas Robinson e Steinman consideraram no projeto da tubulação uma carga de 600 kg por metro. A tubulação com 60 cm (24") de diâmetro foi posicionada no lado sul. O projeto previa também a colocação de peças de madeira para apoiar os tubos e uma guia longitudinal, que pode ser vista na figura 4.60.

Figura 4.60: Detalhe da adutora de água.



Fonte: Adaptado de Byington e Sundstrom. (1923)

O lado sul da ponte apresenta os pequenos consoles que servem de apoio da adutora nos viadutos de acesso, porém no vão central a adutora foi projetada para passar ao lado da pista de rolamento. Uma guia longitudinal de madeira faria a divisão entre a pista e a tubulação hidráulica.

5 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA PONTE HERCÍLIO LUZ

Neste capítulo são apresentadas as etapas da construção, caracterizando os principais dispositivos e procedimentos para o transporte, montagem e complementação da ponte Hercílio Luz. Procura-se aqui também caracterizar as estratégias e o sequenciamento das operações que configuraram uma eficácia dos tempos de recebimento, manipulação e finalização da obra. A empresa construtora da ponte foi a Byington & Sundstrom com sede em São Paulo. Os componentes da estrutura metálica foram fornecidos pela United States Steel Products Company e os elementos construtivos fabricados pela American Bridge Company, duas empresas dos Estados Unidos da América. O projeto foi elaborado por outra empresa americana, a Steinman & Robinson em 1922.

5.1 LOCAÇÃO DA PONTE

O contrato do governo especificava um vão de 340 metros para a ponte suspensa ou ponte em viga. Este comprimento do vão central foi definido de acordo com as sondagens e traçados iniciais, e foi mantido no desenho final, com pequenas mudanças para o sistema de medidas em polegadas. Vários fatores determinaram o comprimento do vão central: a largura do estreito, a posição das ancoragens, a posição das torres principais e os vãos dos viadutos de acesso.

5.2 LOGÍSTICA DO CANTEIRO DE OBRAS

As instalações provisórias utilizadas para o início das obras apresentaram duas frentes de trabalho. A do continente com terreno relativamente plano junto ao canal propiciou as principais instalações que deram início às primeiras atividades desenvolvidas. A parte insular com menor área plana e topografia mais íngreme foi utilizada parte da estrutura do viaduto de acesso como base para montagem das demais partes. Essas duas frentes de trabalho permitiram a aceleração de atividades que eram realizadas simultaneamente. Essa estratégia permitiu a utilização de diferentes equipes de trabalho, reduzindo consideravelmente os tempos de execução.

As instalações da parte continental foram realizadas em maior número, conforme apresentado na figura 5.1 a. As instalações da parte

insular estavam em terreno bastante acidentado, ocupando uma área próxima ao cemitério, conforme pode ser visto na figura 5.1 b.

Figura 5.1: a – Canteiro de obras do continente e b – Canteiro de obras da ilha.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

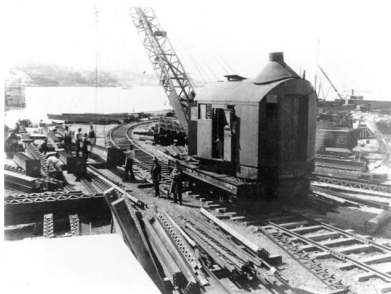
O canteiro de obras do lado continental foi definido como a principal área de recebimento e armazenamento de materiais. Posteriormente os componentes de aço eram transportados para o lado insular e para o vão central conforme o sequenciamento das obras. Deste modo, o canteiro continental era constituído de equipamentos pesados para o descarregamento e a movimentação das peças.

5.2.1 Transporte náutico marítimo/terrestre

As peças de aço fabricadas nos EUA foram importadas em quatro remessas por meio de navios de grande porte. Foram percorridos 9.655 km de viagem através do oceano Atlântico, sendo que o material chegou ao canteiro de obras em perfeitas condições. Em 1923 foram embarcadas antecipadamente as barras de olhal, os pinos e as vigas que estão incorporadas nos maciços de ancoragem. Na segunda remessa em 1924 foram incluídos os dois viadutos de acesso e partes das torres principais. A terceira remessa constituía o restante das torres principais, as barras de olhal, os pinos de ligação e partes do vão pênsil. Na última remessa, o navio trouxe o restante dos elementos estruturais do vão pênsil, as grades, os cabos provisórios para montagem, e outros materiais. As barras de olhal foram enviadas em três lotes, cada conjunto pesando cerca de seis toneladas com dimensões de 0,5 x 0,3 x 15,24 metros. Durante o transporte marítimo, as barras permaneceram sem qualquer outro dano além de corrosões localizadas em alguns pontos onde o revestimento de tinta foi danificado.

O transporte marítimo foi realizado por grandes navios cargueiros que ao chegarem a Florianópolis não podiam entrar no estreito entre ilha e continente, em função do grande calado da embarcação. Foi necessário realizar a descarga das peças para pequenas balsas, sendo estas rebocadas por uma distância de 16 km até o píer do canteiro de obras continental. No píer as peças eram içadas e armazenadas com o auxílio de um guindaste móvel. Um trilho foi instalado no lado continental por onde o guindaste se deslocava para transportar a estrutura metálica, como pode ser visto na figura 5.2 a. Durante o dia as peças eram armazenadas no canteiro e à noite as balsas voltavam aos navios cargueiros para carregar outras peças. Estas embarcações também eram utilizadas diariamente no transporte de peças, fazendo a travessia do canal e sendo inclusive utilizado na montagem da ponte no vão central, como ilustrado na figura 5.2 b.

Figura 5.2: a – Píer para descarregar as peças no continente, b – Barco navegando abaixo do vão pênsil durante a construção.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A primeira equipe de técnicos americanos partiu de Nova Iorque em 5 de julho de 1924. Após vinte dias de viagem, aproximadamente, eles chegaram a Florianópolis para iniciar a montagem. Logo após os navios cargueiros chegaram com os materiais e componentes dando início aos trabalhos de organização e locação dos canteiros de obras.

5.2.2 Equipamentos utilizados

Nas primeiras fases da obra, o trabalho principal consistia em armazenar insumos para as fundações, transportar estruturas provisórias de madeira e organizar peças metálicas de grande porte. A instalação do canteiro de obras consistia montagem de: guindaste a vapor sobre trilhos com capacidade de 60 toneladas, um guindaste “Stiff Leg Derrick” com

capacidade de 12 toneladas; quatro guindastes “Travelle” com capacidade de 10 toneladas, e seis guindastes “Jinny Winch” com capacidade para 6 toneladas. Estes guindastes eram aparelhados com caçambas automáticas, martelos a vapor e ar-comprimado. Foi realizada uma instalação completa de britadores com elevadores mecânicos e separadores de pedras. Além disto foi montada uma instalação completa para extração de pedras, como mostrado na figura 5.3 a. A maior parte destes equipamentos foram instalados no canteiro do lado continental. O canteiro do lado insular também tinha equipamentos de grande porte instalados sobre uma estrutura de madeira, como pode ser visto na figura 5.3 b.

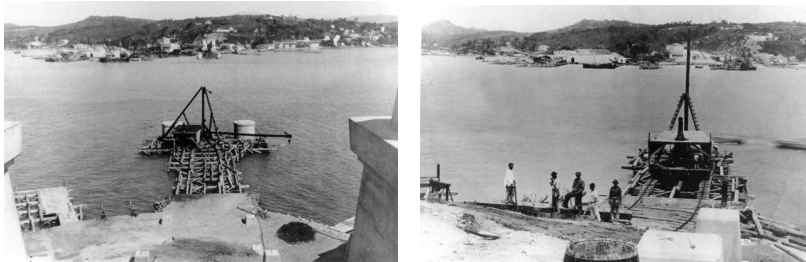
Figura 5.3: a – Canteiro de obras no lado continental e b – Sistema de trilhos e grua instalados no lado insular.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Para a construção das ensecadeiras foram utilizadas grandes bombas pulsômetros e estacas pranchas. O acesso até as bases das torres principais foi construído com uma estrutura de madeira por onde eram movimentados equipamentos. No canteiro de obras insular foi utilizado um guindaste a vapor sobre trilhos para transportar os materiais pesados utilizados nas fundações submersas. Estes equipamentos foram instalados na estrutura provisória com estacas de madeira dentro da água, como mostrado nas figuras 5.4 a e b.

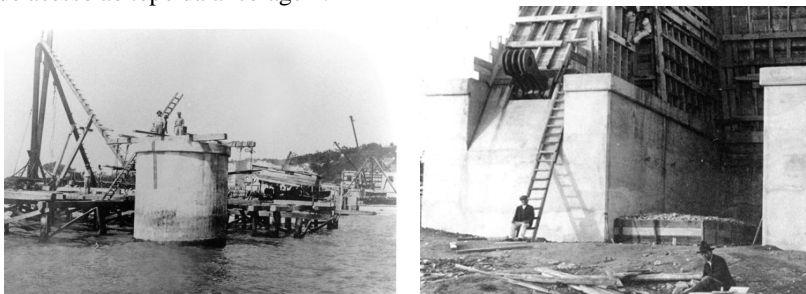
Figura 5.4: a – Grua instalada na plataforma provisória do lado insular e b – Sistema de trilhos e guindaste a vapor no lado insular.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A posição destes guindastes era estratégica para maximizar o alcance e organizar o canteiro de obras. Mesmo utilizando equipamentos de grande porte, os operários tinham acesso às estruturas mais altas por meio de escadas, pois não havia elevador no canteiro. As escadas de madeira não apresentavam equipamentos de segurança individual ou cintos para evitar a queda, como pode ser visto nas figuras 5.5 a e b.

Figura 5.5: a – Escada de acesso ao topo da fundação dos pilões e b – Escada de acesso ao topo da ancoragem.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.2.3 Materiais utilizados

Durante o período de construção da ponte já existiam fábricas de cimento em São Paulo e Espírito Santo, sem no entanto apresentar grande volume de produção. O transporte e comercialização do cimento eram realizados por meio de barricas de madeira, conforme mostra a figura 5.6 a. As 29.000 barricas de cimento com 180 Kg cada foram importadas de “Portland Aalborg” na Dinamarca. Na fundação das torres principais foi utilizado um cimento especial para resistir à ação do

salitre da água marinha. Na figura 5.6 b pode-se observar o armazenamento das barricas de cimento na parte continental do canteiro de obra, próximo aos trilhos sobre a estrutura provisória na água.

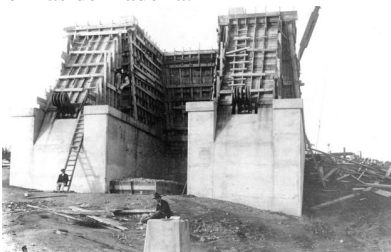
Figura 5.6: a – Fábrica de cimento em São Paulo e b – Barricas de cimento, lateral esquerda da foto.



Fonte: Nelson A. B. de Camargo e Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

No lado continental foram realizadas obras de terraplanagem de onde foram retiradas as pedras utilizadas em parte das fundações, como mostrado na figura 5.7 a. Na figura 5.7 b pode-se observar a montagem das formas de madeira utilizadas para a concretagem do maciço de ancoragem insular.

Figura 5.7: a – Acesso continental e b – Formas de madeira.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As barras de olhal eram fabricadas com aço de alta resistência com tratamento térmico. Em fase preliminar, nove barras de olhal foram ensaiadas em testes com peças em tamanho real. As propriedades físicas nas nove barras ensaiadas são apresentadas na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Propriedades do aço tratado a calor.

	Máximo	Mínimo	Média
Limite elástico em libras por polegada quadrada	89000	78500	83920
Resistência final em libras por polegada quadrada	132600	113900	123200
Porcentagem de alongamento (em 10 pés)	9.2	6.1	7.2
Porcentagem de contração da área	39.2	16.5	24.5

Fonte: transcrito de Steinman (1926).

Posteriormente, na fase de fabricação das barras de olhal foram realizados outros 12 ensaios com barras em tamanho real. Apenas a última barra de olhal ensaiada não cumpriu todos os critérios especificados, pois ultrapassou o limite de elasticidade, apresentando um alongamento de 3,8% quando o valor esperado era de 5%. Uma nova barra de olhal, a décima terceira, foi fabricada para um novo teste, passando nos critérios estabelecidos com um alongamento de 8,1%. As propriedades físicas completas das 13 barras ensaiadas são apresentadas conforme a tabela 5.2.

Tabela 5.2: Propriedades físicas dos protótipos de barras de olhais ensaiadas em 1924.

Nº	Seção nominal em polegadas	Comprimento		Limite elástico em libras por polegada quadrada	Resistência final em libras por polegadas quadradas	Porcentagem de alongamento	Fratura
		Pés	Polegadas				
1	12 por 1 3/8	17	6	88000	126450	8,08 em 13'	40% silky cup, 60% silky square
2	12 por 1 3/8	17	6	96880	137900	6,43 em 13'	Silky square
3	12 por 1 13/16	39	0	90100	132800	6,86 em 18'	100% silky square
4	12 por 1 13/16	40	0	82810	122820	7,7 em 18'	30% cup, 70% silky square
5	12 por 1 7/8	40	0	83710	124600	7,4 em 18'	Silky square
6	12 por 1 7/8	40	0	86740	127160	6,5 em 18'	Silky square
7	12 por 1 15/16	40	0	83340	120800	7,2 em 18'	Silky square
8	12 por 1 15/16	40	0	78180	115970	7,0 em 18'	Silky square
9	12 por 2	40	0	83470	122500	6,3 em 18'	Silky square
10	12 por 2	40	0	79440	114600	6,6 em 18'	Silky square
11	12 por 2	40	0	81190	116820	5,7 em 18'	Silky square
12	12 por 2	40	0	82780	116720	3,8 em 18'	Silky square
13	12 por 2	40	0	79960	120350	8,1 em 18'	Silky square
Média				84500	123000	6,8 em 18'	Ruptura frágil e dúctil
Requisitos mínimos				75000	105000	5,0 em 18'	

Fonte: transcrito de Steinman (1926).

A liga metálica utilizada nos elementos estruturais dos viadutos de acesso é diferente do aço utilizado nas barras de olhal. Isto ocorreu porque estas estruturas não estão submetidas aos mesmos esforços do vão central, não sendo recomendado na época um aço de alta resistência em função do elevado custo deste material.

A madeira, apesar de ter sido utilizada em grande quantidade na pista de rolamento do tabuleiro da ponte não recebeu a mesma atenção do aço. Não foram encontrados especificações do material ou de ensaios nos registros da construtora brasileira Byington & Sundstrom.

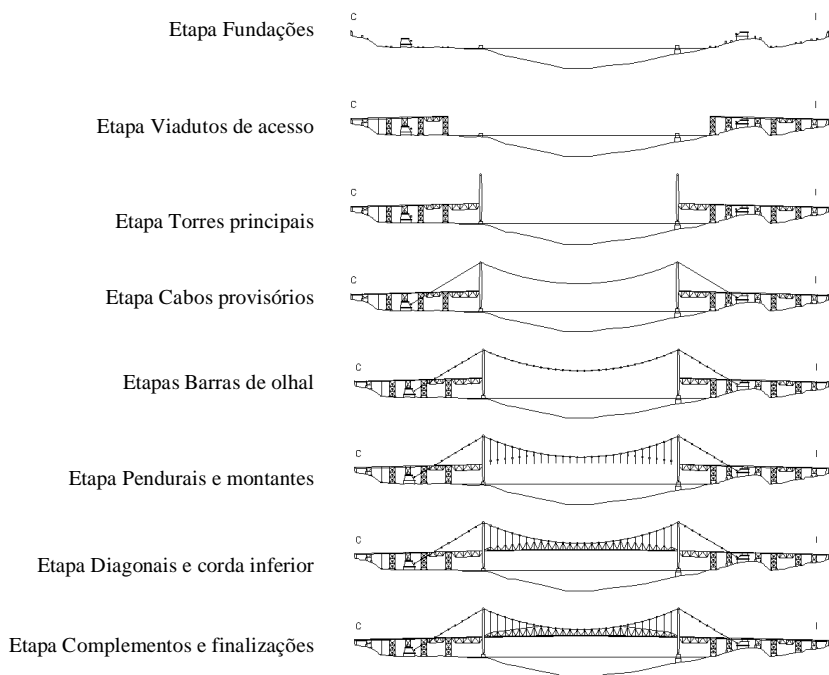
5.2.4 Armazenamento e preparo de materiais e componentes

As barricas de cimento e outros materiais utilizados no concreto eram armazenados no local. O concreto era preparado e lançado nas fundações das bases das torres, dos maciços de ancoragem e dos encontros. Os elementos de aço importados dos Estados Unidos foram armazenados no canteiro de obras próximo ao local de montagem das estruturas. Estes elementos foram armazenados na cabeceira continental, incluindo as peças da estrutura da ponte insular. Após a montagem da estrutura metálica foram colocadas as peças de madeira no tabuleiro. Não foram encontrados registros dos processos de armazenamento e de preparo deste material e de seus componentes.

5.3 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

As etapas são apresentadas conforme a sequência de montagem da estrutura. A fundação é a primeira etapa da obra em campo, sendo construídos os viadutos de acesso continental e insular em seguida. A última etapa é a parte central do vão suspenso e acabamentos finais da pista de madeira. A montagem da estrutura metálica foi iniciada em 1924 e terminou em 1925, tendo a sequência conforme apresentado na figura 5.8.

Figura 5.8: Sequenciamento executivo da estrutura da ponte Hercílio Luz.



Fonte: Adaptado do DEINFRA. (2004)

As seções a seguir apresentam a construção da estrutura separadamente, divididas em fundações, viadutos de acesso, vão central e estrado de madeira. As fundações por sua vez estão divididas em quatro partes: pilões, maciços de ancoragem; encontros e sapatas. De modo análogo, os viadutos de acesso estão divididos em cinco partes: torres, vigas de alma cheia, vigas Warren, vigas transversais e longarinas, consoles e guardacorpo. O vão central para efeito de análise está dividido em três partes: torres principais; barras de olhal e treliças. A etapa final compreende os complementos, tais como: contra-peso, perfurações, rebites e pintura.

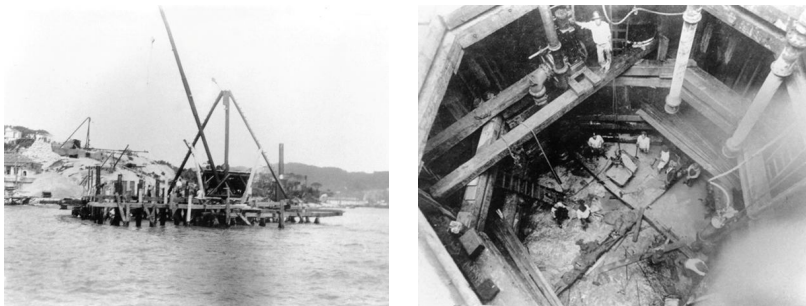
5.3.1 Etapa Fundações

As fundações dos pilões, dos maciços de ancoragem, dos encontros e das bases das fundações são realizadas com concreto ciclópico e concreto armado. Estes serviços foram baseados nos

levantamentos topográficos e nas sondagens. A locação e construção das fundações foram realizadas por equipes de técnicos e funcionários brasileiros.

Os quatro pilares principais, situados abaixo das torres principais do vão central, são constituídos por 4 cilindros de concreto com 5 metros de diâmetro e cerca de 18 metros de altura, denominado de pilones. Segundo Steinman (1929), o tamanho extraordinariamente pequeno dos pilares foi possível graças à adoção de torres com base rotulada, eliminando os esforços de flexão no pilar devido à movimentação da torre. O início da construção dos pilones foi na primavera de 1923. Uma ensecadeira de estacas-prancha de aço foi conduzida para cada uma das quatro fundações dos pilares principais. A rocha estava em profundidades entre 9 e 18 metros abaixo do nível do mar. Estas fundações, incluindo os pilares de concreto e ancoragens, foram concluídas em junho de 1924. Uma estrutura provisória sobre a água apoiava um guindaste que fazia o transporte vertical para a retirada de sedimentos, como pode ser visto na figura 5.9 a. Os operários trabalhavam dentro das ensecadeiras, realizando trabalhos manuais para a construção da base do pilone no fundo do canal, como mostrado na figura 5.9 b.

Figura 5.9: a – Operários trabalhando dentro das ensecadeiras e b – Construção de ensecadeira.

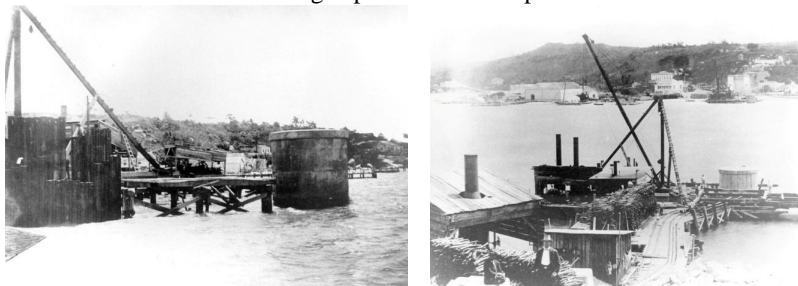


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Para executar a fundação subaquática das torres principais foram construídas ensecadeiras de madeira reforçada com estrutura metálica, provida com sistema de drenagem e dutos metálicos que realizavam o esgotamento de água, como pode ser visto na figura 5.10 a. O sistema de drenagem com bombas de sucção funcionava a vapor, usando como

combustível a queima de madeira, que era armazenada próximo à ponte provisória, como é mostrado na figura 5.10 b.

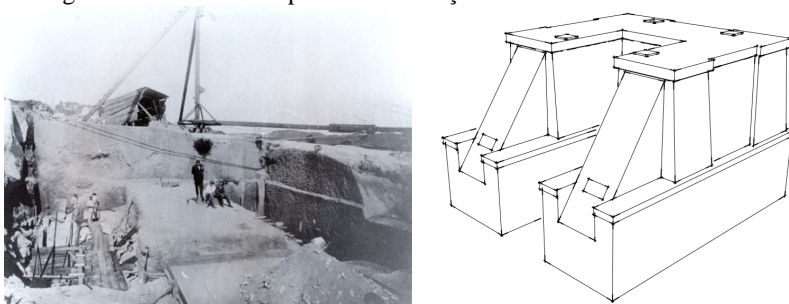
Figura 5.10: a – Ensecadeira e uma fundação do pilone finalizada e b – Estrutura insular instalada na água para o acesso ao pilone.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

O sistema de ponte pênsil, com cabos ou barras de olhal necessita de uma estrutura de fundação capaz de realizar a ancoragem. A ancoragem da parte insular foi construída sobre a rocha. Os cabos de ancoragem e vigas de reação foram incorporados no concreto em duas valas escalonadas escavadas na rocha sólida, como pode ser visto na figura 5.11 a. As laterais destas valas foram apicoadas para aumentar a resistência vertical. Sobre esta escavação é sobreposta uma estrutura de ancoragem de concreto armado, conforme apresentado na figura 5.11 b. O bloco de ancoragem continental está situado na parte do continente que se encontra praticamente no nível do mar. A escavação não revelou rocha como esperado, sendo pois necessário uma fundação com estacas de madeira. Aproximadamente 25% das estacas foram cravadas em direção oblíqua aos esforços atuantes de modo a melhorar as condições de ancoragem.

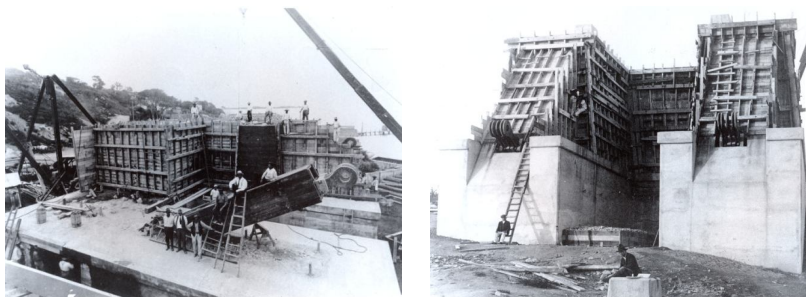
Figura 5.11: a – Escavações em rocha para a construção do maciço de ancoragem insular e b – Perspectiva do maciço insular.



Fonte: a – Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina e b – autor.

As ancoragens destes blocos também são constituídas por barras de olhal divididas em duas partes para realizar a ligação com as vigas de suporte de ancoragem, como pode ser visto no projeto dos blocos. No ponto onde as barras se dividem em dois conjuntos, foi construído um apoio para segurar a barra na posição exata durante o lançamento de concreto em torno da ancoragem e das barras de olhal. Este apoio da barra era temporário e foi queimado depois que as vigas e as barras de olhal inferiores estivessem concretadas. Acima deste ponto, as barras de olhal foram revestidas com formas para posterior concretagem, como mostrado nas figuras 5.12 a e b. A concretagem foi realizada logo após o tensionamento da cadeia de barras de olhal, evitando assim tensões adicionais nas interfaces entre estas barras e o concreto do maciço de ancoragem. Quando a montagem dos blocos foi encerrada, as caixas foram removidas, deixando vazios em torno de cada conjunto de barras de ancoragem. Estes vazios permaneceram até que a superestrutura de aço fosse erguida e a tensão de peso da ponte carregasse toda a cadeia de barras de olhal. Posteriormente, as barras de olhal foram pintadas com um revestimento protetor de *minwax*, selante, e os vazios preenchidos com concreto.

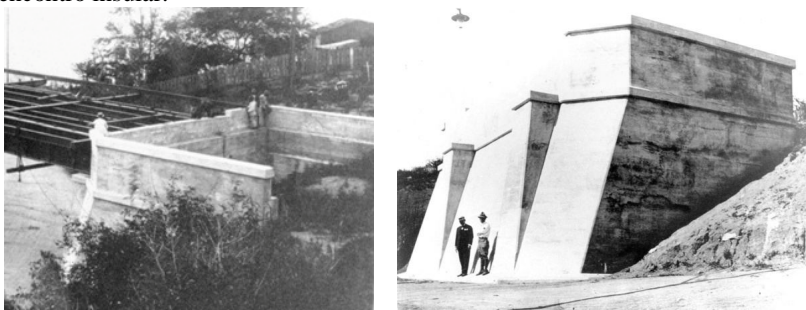
Figura 5.12: a – Maciço de ancoragem continental e b – Maciço de ancoragem insular.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Os dois encontros foram construídos com geometrias diferentes, segundo o projeto original, utilizando porém o mesmo sistema construtivo com formas de madeira e concreto in situ. O encontro da parte insular tem a forma de U, sendo aterrado na parte posterior, conforme pode ser visto na figura 5.13 a. A parte frontal dos encontros apresenta uma estrutura onde são apoiadas as vigas da estrutura metálica, conforme apresentado na figura 5.13 b. O encontro da parte insular apresenta as duas paredes laterais voltadas para o lado posterior.

Figura 5.13: a – Vista posterior do encontro insular e b – Vista frontal do encontro insular.

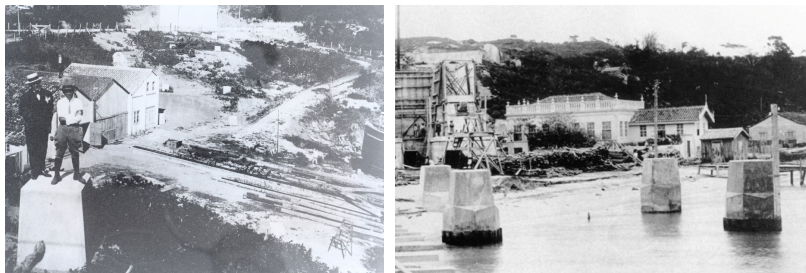


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

O encontro da parte continental está situado em uma cota mais baixa que o encontro da parte insular. O viaduto de acesso continental foi adaptado ao terreno que apresenta maior declive. As paredes laterais deste bloco foram construídas em direções diferentes, o lado sul voltado para frente do encontro e o lado norte voltado para a parte posterior, adaptando-se às curvas de nível do terreno.

Parte dos viadutos de acesso exigiram a construção de sapatas no terreno e também na parte mais superficial do leito do mar, como pode ser visto nas figuras 5.14 a e b. Estas sapatas são pequenas fundações das torres dos viadutos de acesso e são constituídas por blocos de concreto apoiadas em rocha. A parte inferior destas sapatas possui o formato de caixa e a parte superior tem o formato tronco piramidal. As sapatas foram construídas de acordo com a topografia do terreno, apresentando bases de uma mesma torre com alturas diferentes. Uma parte destas das sapatas fica enterrada ou submersa. O embasamento rochoso no lado continental está muito abaixo do nível do terreno, fazendo com que algumas sapatas do continente fossem construídas com estacas de madeira.

Figura 5.14: a – Vista das sapatas no lado da ilha e b – Vista das sapatas no lado continental.

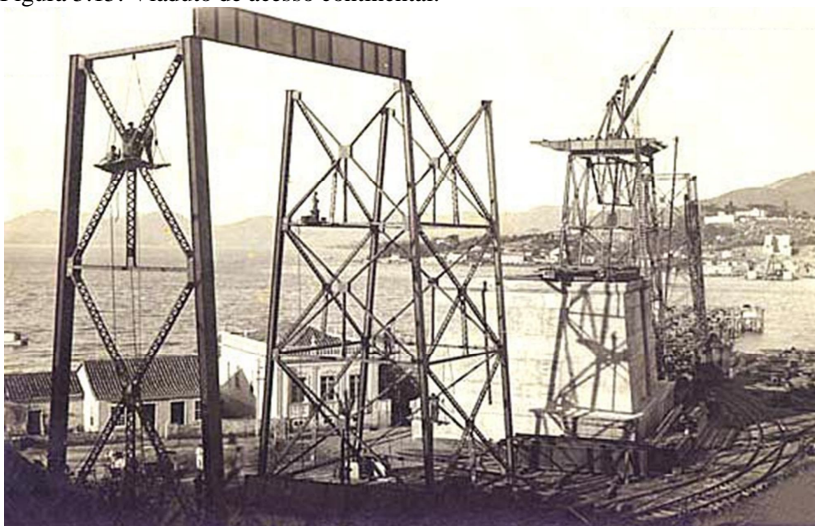


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.3.2 Etapa Viadutos de acesso

Após a construção das fundações de concreto, as peças metálicas estavam sendo sistematizados no canteiro de obras continental para o início da montagem dos viadutos. Os dois viadutos apresentavam uma grande quantidade de peças a serem montadas. A montagem da estrutura metálica iniciou no lado do continente, sendo que as primeiras torres foram construídas utilizando um guindaste a vapor sobre trilhos. Logo após colocou-se um equipamento de montagem para içar as peças em cima das duas torres mais próximas do mar, como mostrado na figura 5.15. As peças do viaduto insular foram transportadas para a ilha por meio de barcos. As torres mais próximas do mar foram as primeiras a serem montadas para servir de apoio aos guindastes. Com estas duas frentes de trabalho se iniciavam as montagens das torres mais próximas do mar e seguiam no sentido dos encontros.

Figura 5.15: Viaduto de acesso continental.

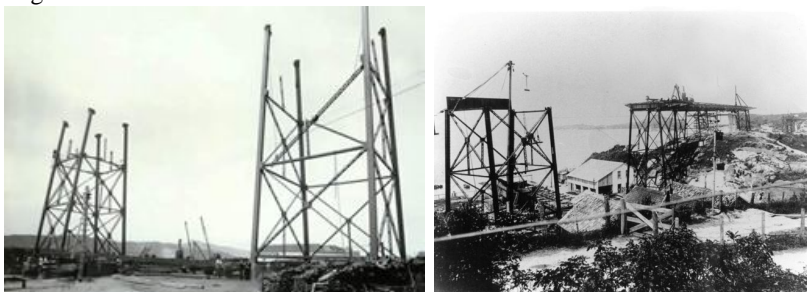


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As duas treliças do tipo Warren foram montadas e rebitasadas no nível do terreno e posteriormente içadas na posição de serviço. Ao mesmo tempo, a estrutura de andaimes provisória era colocada no vão que liga o viaduto até a torre principal, conectando as duas estruturas. As peças da torre principal foram erguidas com a grua superior e armazenadas em cima dos andaimes para realizar sua montagem. O restante da estrutura do viaduto de acesso foi erguido com a mesma grua, montando as peças em direção aos encontros. O guindaste a vapor carregava as peças metálicas, movendo-se em uma linha de trilhos paralela ao viaduto no canteiro de obras e a grua erguia as peças até o nível do tabuleiro. O viaduto de acesso insular foi montado com as mesmas técnicas, mas as peças metálicas foram transportadas do canteiro de obras continental, onde eram armazenadas. O canteiro de obras insular não dispunha um guindaste a vapor com trilhos paralelos ao viaduto de acesso. O processo de montagem dos viadutos de acesso, segundo Steinman (1928), foi realizado com facilidade, tardando no entanto em função da quantidade de peças existentes. O viaduto de acesso continental foi concluído no dia 8 de novembro de 1924, após três meses de trabalho. O viaduto insular foi concluído no dia 5 de janeiro de 1925, levando outros dois meses e meio de execução.

As torres metálicas dos viadutos de acesso são constituídas por quatro pernas com a base fixada nas sapatas. Estas pernas foram pré-fabricadas e unidas entre si por meio de peças de contraventamento, como mostrado na figura 5.16 a. Esta estrutura garante a rigidez do conjunto e aumenta a capacidade estrutural da torre contra os esforços dinâmicos. O sistema de conexão era realizado com chapas e rebites, enrijecendo a estrutura da parte inferior até o topo. Os operários utilizavam a própria estrutura para apoiar e suspender andaimes para realizar outros serviços. Ao final da construção da torre, na parte superior das pernas foram apoiadas as vigas de alma cheia do tabuleiro e as vigas transversais, como pode ser visto na figura 5.16 b.

Figura 5.16: a – Viaduto de acesso continental e b – Perfil transversal e longitudinal de uma torre.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A estrutura de vigas do tabuleiro foi montada para ser utilizada como apoio para os guindastes, como pode ser visto nas figuras 5.17 a e b. Os guindastes situados no nível mais alto transportavam verticalmente as peças, facilitando a montagem do próprio viaduto facilitava a sistematização e a montagem dos componentes na obra.

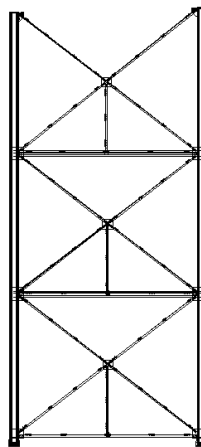
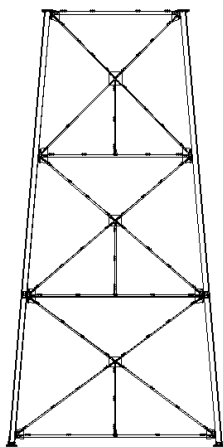
Figura 5.17: a – Viaduto de acesso continental e b – Viaduto de acesso insular.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Foram construídas seis torres no continente e outras seis na ilha. Duas torres, do total de doze, foram construídas com diferentes geometrias; uma torre foi construída em cima do maciço de ancoragem continental e outra também no continente que possui apenas duas pernas. O perfil transversal e longitudinal destas torres é o mesmo, como pode ser visto nas figuras 5.18 a e b. As pernas são inclinadas para o centro da torre no sentido transversal. Porém na seção longitudinal da ponte todas as torres possuem as pernas verticais. Essa solução garante maior estabilidade para os dois viadutos de acesso, tanto no lado continental como insular.

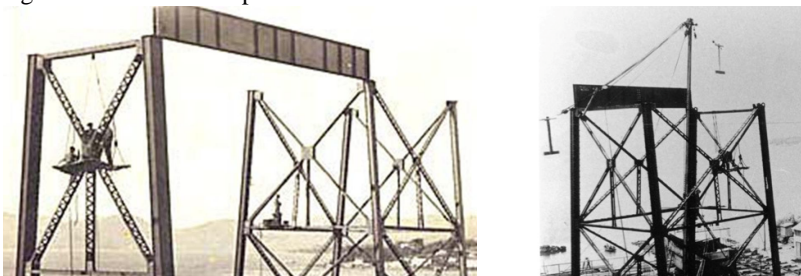
Figura 5.18: a - Construção de uma torre do viaduto continental e b – Perfil transversal e longitudinal de uma torre.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As vigas de alma cheia são compostas por uma mesa com chapas e cantoneiras rebitadas. Era comum utilizar o sistema de conexão com rebites na construção de pontes metálicas. As vigas de alma cheia são peças lineares e horizontais posicionadas logo abaixo do tabuleiro e apoiadas nas torres, como pode ser visto nas figuras 5.19 a e b.

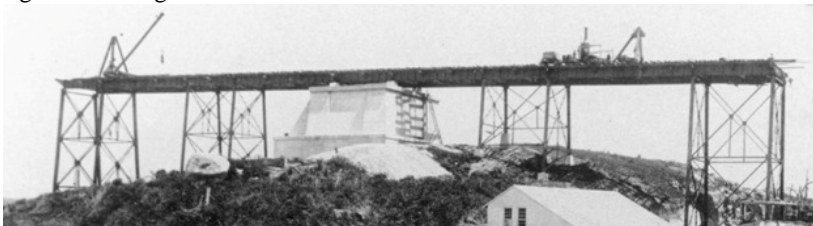
Figura 5.19: a – Viga de alma cheia no topo de uma torre do lado continental e b – Viga de alma cheia no topo de uma torre na ilha.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A maior parte dos vãos dos viadutos de acesso é constituída por vigas de alma cheia, como mostrado na figura 5.20. As vigas estão dispostas no sentido longitudinal no lado norte e sul dos viadutos, transmitindo os esforços do tabuleiro para as torres da mesoestrutura. A montagem foi realizada com os guindastes no nível do tabuleiro.

Figura 5.20: Vigas de alma cheia montadas no viaduto de acesso insular.



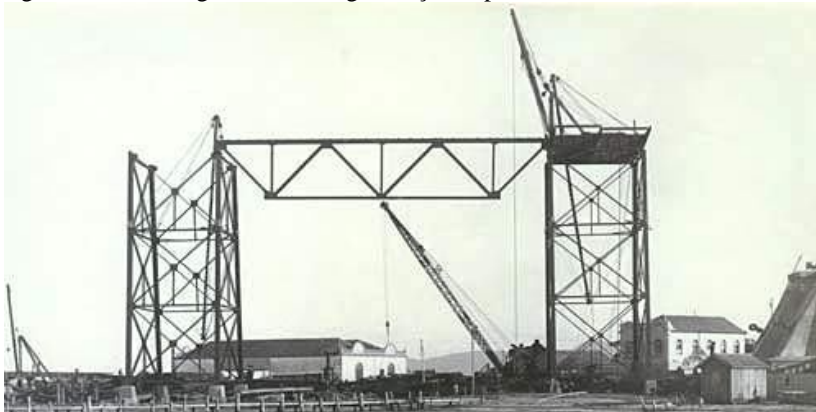
Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As vigas eram rebitadas e içadas para o tabuleiro prontas para a montagem com as dimensões correspondentes ao vão. O guindaste posicionava e lançava as peças na posição correspondente no nível do tabuleiro. Entre as vigas norte e sul existem vigas transversais que conectam os dois lados, garantindo maior estabilidade. As vigas de alma cheia do lado norte da ponte foram utilizadas para fixar os consoles do passeio de pedestres e as vigas de alma cheia do lado sul foram utilizadas para fixar os consoles menores da adutora de água.

Uma das laterais da treliça Warren era construída primeiro, como mostrado na figura 5.21. Essa parte da treliça é constituída da corda superior, corda inferior, diagonais e verticais. Também pode ser observada a utilização do guindaste a vapor na parte inferior. O

guindaste no terreno era responsável pela organização do canteiro de obras e a grua no nível do tabuleiro era responsável pelo transporte vertical dos componentes da ponte.

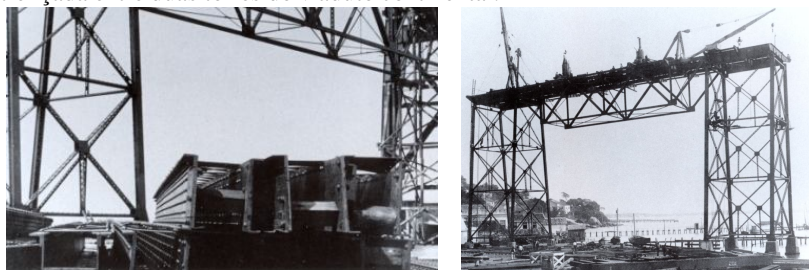
Figura 5.21: Montagem de uma viga treliçada tipo Warren no lado continental.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A treliça tipo Warren era mais comumente adotada para transportar vãos entre 50 e 100 metros de comprimento. A disposição das hastes é o que denomina este tipo de treliça. Ela está situada nos vãos treliçados dos viadutos de acesso da ponte Hercílio Luz. Os maiores vãos dos viadutos de acesso são constituídos por estas vigas treliçadas. As peças pré-fabricadas eram armazenadas no nível do terreno e içadas por guindaste posicionado no nível do tabuleiro, levando-as na posição exata da montagem, como mostrado nas figuras 5.22 a e b.

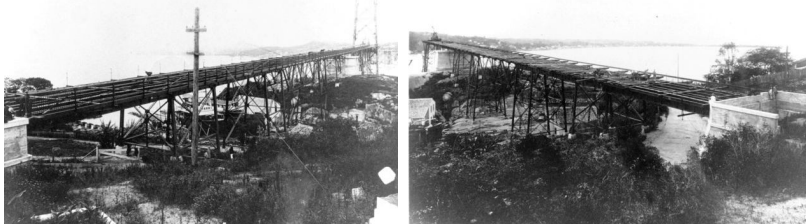
Figura 5.22: a – Viga treliçada apoiada em uma torre principal e b – Viga treliçada entre duas torres do viaduto continental.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As vigas transversais e as longarinas foram pré-fabricadas e transportadas até o canteiro de obras continental. As peças foram erguidas até o nível do tabuleiro por meio de um guindaste e rebitadas. A montagem foi iniciada após a construção das vigas de alma cheia e das vigas treliçadas no sentido longitudinal. Estas longarinas são peças menores fixadas nas vigas transversais alinhadas longitudinalmente. Os viadutos de acesso após a montagem destas peças permitia movimentações, como pode ser visto nas figuras 5.23 a e b. Deste modo, posterior a montagem dessas peças realizava-se com maior facilidade a construção da pista de madeira. Em função da quantidade de longarinas e do grande número de rebites em cada peça o processo de montagem foi prolongado.

Figura 5.23: Lado norte do tabuleiro insular e b – Lado sul do tabuleiro insular .



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Os consoles foram montados, transportados e armazenados no canteiro de obras. A grua posicionada no nível do tabuleiro ergueu os consoles nas respectivas posições do lado norte e sul para a rebitação, como pode ser observado na figura 5.24 a. A montagem do guarda-corpo foi realizada no local, sendo que as peças foram pré-fabricadas em módulos e fixadas nos consoles. As peças do guarda-corpo eram mais leves e de fácil manuseio para os montadores. O guarda-corpo fica situado no lado norte da ponte, onde se encontra o passeio de pedestres, como pode ser visto na figura 5.24 b.

Figura 5.24: a – Montagem dos consoles e b – Consoles e guarda-corpo montados.

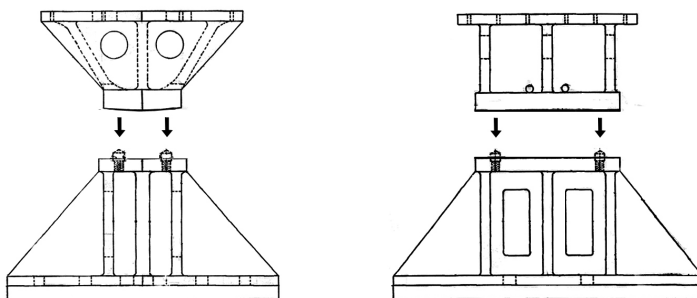


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.3.3 Etapas Torres principais

A torre principal do lado continental foi a primeira a ser construída, segundo Steinman (1928). Primeiramente, posicionou-se o conjunto de rótula na base da torre, sobre o topo das fundações de concreto por meio de uma grua situada no nível do tabuleiro. O conjunto de rótula possui uma peça maciça superior aparafusada na torre metálica e uma peça maciça inferior fixada na base de concreto. Existem quatro pinos guia para a conexão entre as duas peças, como pode ser visto nas figuras 5.25 a e b.

Figura 5.25: a – Vista lateral da rótula da base da torre principal e b – Vista transversal da rótula.

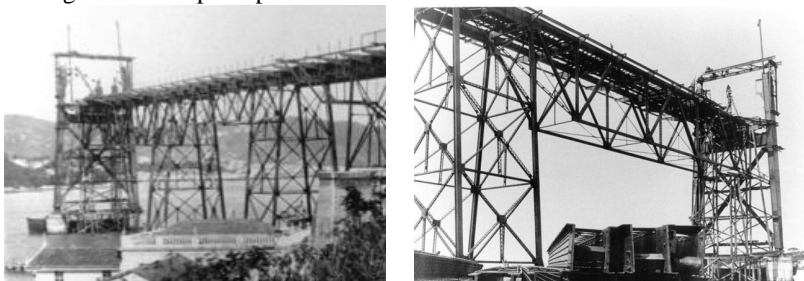


Fonte: Adaptado de Steinman (1922).

Posteriormente, as seções da perna da torre foram posicionadas de baixo para cima e inclinadas na direção do continente. Uma estrutura especial foi montada para transportar as seções das torres até a parte

mais alta, elevando-se até o topo para a colocação de novas peças, como pode ser visto nas figuras 5.26 a e b.

Figura 5.26: a – Estrutura especial para erguer as peças da torre principal e b – Montagem da torre principal continental.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Durante a montagem das pernas das torres principais, o ponto mais alto estava 30,5 cm posicionado para fora do vão central. Deste modo, as torres ficaram temporariamente inclinadas para fora, voltando para a posição vertical durante o carregamento das barras de olhal. Este processo estava previsto no projeto, sendo justificado por Steinman. O processo de montagem utilizado na torre principal insular foi similar ao da primeira torre. As peças foram transportadas do canteiro de obras do lado continental e armazenadas na base da torre insular. Da mesma forma, uma estrutura especial ergueu as seções desta torre até o topo, como pode ser visto na figura 5.27 a.

Figura 5.27: a – Estrutura especial para erguer as peças da torre insular e b – Torre principal continental concluída.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

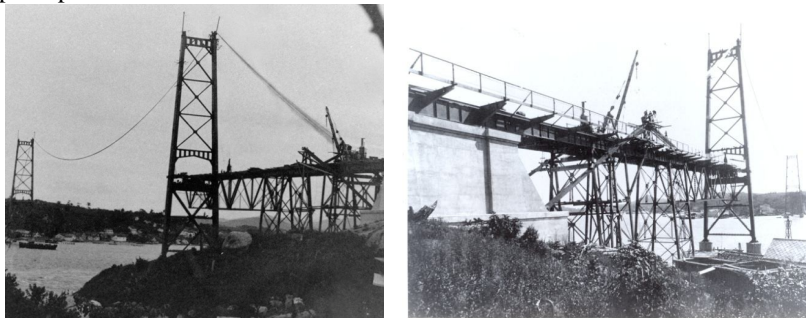
A torre principal na parte continental foi concluída no dia 27 de dezembro de 1924, após cerca de seis semanas de trabalho, conforme apresentado na figura 5.27 b. A torre principal insular foi concluída no

dia primeiro de fevereiro de 1925, ao longo de cinco semanas aproximadamente.

5.3.4 Etapa Cabos provisórios

As peças do vão central foram lançadas por meio de uma estrutura provisória. Esta estrutura era constituída de cordas flexíveis, trolleys, guinchos, correntes, sendo posicionada na lateral norte da ponte primeiramente, como pode ser visto na figura 5.28 a. O objetivo era lançar as barras de olhal do lado norte por meio de vinte e quatro cordas de uma plegada de diâmetro. As barras de olhal foram ancoradas nos maciços até o nível do tabuleiro e posicionadas para manter a simetria entre o lado continental e insular, como mostrado na figura 5.28 b. Por fim, uma corda contínua foi lançada atravessando o vão central e posicionada no topo das duas torres principais. Esta etapa foi concluída na primeira semana de fevereiro de 1925.

Figura 5.28: a – Cabos provisórios passando pelo lado norte das torres principais e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.



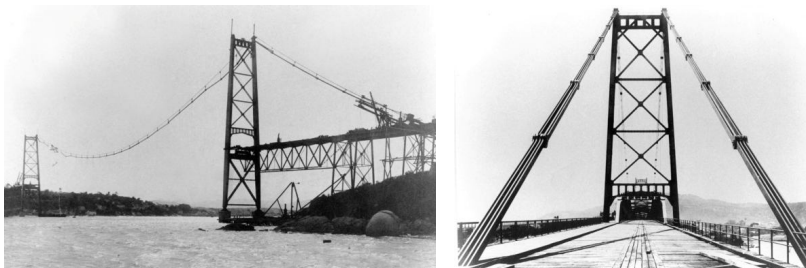
Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.3.5 Etapa Barras de olhal

Para montar as barras de olhal de modo mais simples possível, foi decidido pendurá-las por guinchos manuais, que por sua vez estavam suspensos pelas cordas flexíveis, como pode ser visto na figura 5.29 a. Após todas as barras de olhais e pinos serem colocados e sustentados pelas cordas os guinchos foram retirados das barras para manter a corrente suspensa sem o cabo provisório. Logo após a montagem das barras de olhal foram instalados os pendurais com os respectivos montantes, como mostrado na figura 5.29 b. Segundo Steinman (1929),

durante a montagem das barras de olhal, as torres principais foram travadas nos viadutos de acesso. Grelhas de aço com perfil “I” foram colocadas no topo das selas das torres, apoiadas em sistema de rolamento que asseguravam que os componentes horizontais dos esforços nas cordas de suspensão estivessem direcionados inteiramente para os maciços de ancoragem.

Figura 5.29: a – Barras de olhais posicionadas no lado norte e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

A montagem das 156 barras no lado norte foi concluída em duas semanas, estando totalmente posicionadas no dia 7 de março de 1925. Deste total, foram lançadas 108 barras no vão central, 24 barras no viaduto de acesso continental e 24 barras no viaduto de acesso insular. No dia 26 de março de 1925 mais 156 barras de olhal foram instaladas no lado sul. As barras foram colocadas em uma semana, utilizando o mesmo método anteriormente utilizado. No dia 2 de abril de 1925 todas as barras de olhais estavam suspensas na ponte.

5.3.6 Etapa Pendurais e montantes

Após a montagem das barras de olhal foram colocados os pendurais. Estes pendurais têm as duas pontas fixadas no montante, dando a volta nos pinos das barras de olhal, formando um cabo duplo. Por este motivo foram colocados em conjunto com os montantes, conforme pode ser observado nas figuras 5.30 a e b.

Figura 5.30: a – Barras de olhais posicionadas no lado norte e b – Barras instaladas até o nível do tabuleiro.

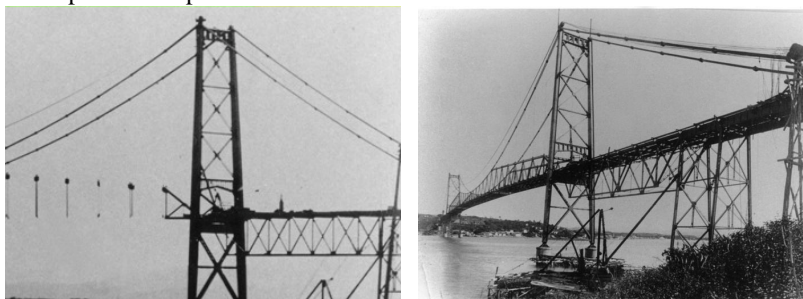


Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.3.7 Etapa Diagonais e corda inferior

Após a montagem dos pendurais e montantes, os dois primeiros painéis de treliça em cada extremidade da ponte foram erguidos por guindastes que estavam sobre os viadutos, como pode ser visto na figura 5.31 a. O restante do vão principal foi erguido pelo método de transportadores aéreos realizado com cabos, como mostrado na figura 5.31 b.

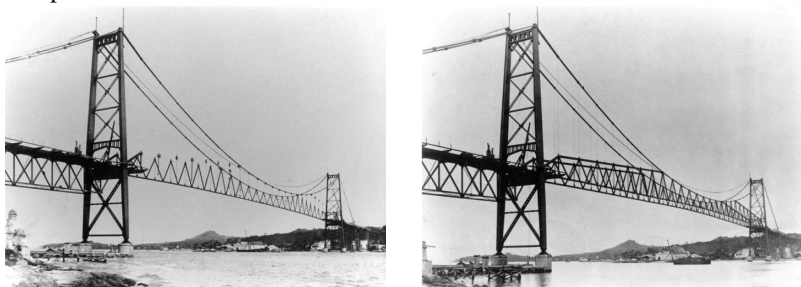
Figura 5.31: a – Primeiro painel montado na extremidade do vão pênsil e b – Cabos para o transporte aéreo no vão central.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Posterior a colocação dos primeiros painéis de treliça, o vão central foi montado com peças pré-fabricadas, mas sem furos das ligações nos nós inferiores. Treliças e transversinas foram instaladas antes de fazer as conexões das cordas superiores, como pode ser visto na figura 5.32 a. O procedimento foi repetido também no lado sul, como mostrado na figura 5.32 b.

Figura 5.32: a – Treliça do lado norte parcialmente montada e b – Treliças norte e sul parcialmente montadas.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.3.8 Etapa Complementos e finalizações

As últimas etapas de perfuração e rebitação exigia que o carregamento da ponte fosse completo. Em função do atraso na entrega das madeiras para o revestimento do tabuleiro do vão central utilizou-se sacos de areia para simular este carregamento. A areia obtida no lado continental foi utilizada para carregar a estrutura do vão central, tornando possível realizar as últimas conexões da treliça de rigidez. Não havia data prevista para a entrega da madeira utilizada na pista de rolamento, portanto gerou este imprevisto. O peso da areia foi distribuído em toda a extensão do vão central, permitindo assim conectar os 1728 furos com a treliça de rigidez. Nesta operação de carregamento a corda superior alcançou a flecha prevista de 36,5 metros (120').

No total, foram realizados mais de 50 mil rebites na obra, sendo finalizados em julho de 1925. Após o término da rebitação, o contrapeso com sacos de areia foi removido e a estrutura metálica foi pintada. Finalizado este serviço, a equipe americana de montagem voltou para os Estados Unidos, no final de agosto de 1925. Os trabalhos de construção dos viadutos de acesso e do vão central duraram cerca de doze meses, sendo que a equipe utilizou outros dois meses para a organização do canteiro de obras.

O estrado de madeira foi a última etapa da obra da ponte, sendo concluída em março de 1926 no mesmo ano da sua inauguração. A estrutura apresentava uma faixa central com peças mais reforçadas que era destinada para o sistema de trem, como mostrado na figura 5.33. O passeio de pedestres também foi construído com piso de madeira.

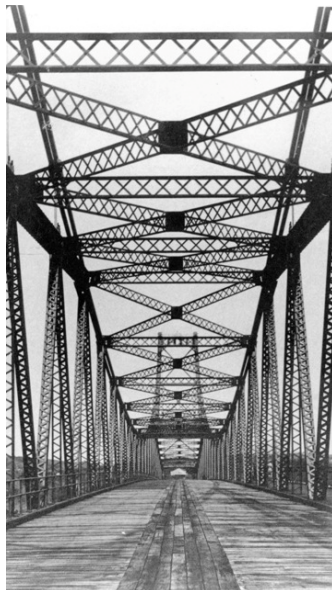
Figura 5.33: Pista de rolamento de madeira.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As peças foram dispostas em todo o sentido longitudinal da ponte na posição central da pista de rolamento, como pode ser visto na figura 5.34 a. Toda a estrutura de base do estrado de madeira era composta por vigas de madeira apoiadas nas longarinas e vigas transversais metálicas. Logo após a inauguração, as duas pistas apresentavam o estrado com as peças no sentido transversal e outras peças dispostas no centro da pista no sentido longitudinal, como mostrado na figura 5.34 b.

Figura 5.34: a – Montagem do estrado de madeira do vão central e b – O estrado de madeira após a finalização da obra.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

O piso do passeio foi construído com um pequeno desnível em relação à pista de rolamento, como pode ser visto na figura 5.35 a. A

conexão das peças era realizada por meio de pregos e parafusos, como mostrado na figura 5.35 b.

Figura 5.35: a – Pista de rolamento de madeira e b – O estrado de madeira após a finalização da obra.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

5.4 QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

A seguir são apresentadas as quantidades e pesos dos materiais da estrutura metálica e fundações, de acordo com estimativas realizadas por Steinman (1926).

Tabela 5.3: Quantitativos de materiais.

	Peso em toneladas
Corrente de barras de olhais	
Barras de olhais e pinos.....	780
Vão pênsil	
Trelças e contraventamentos.....	840
Tabuleiro.....	420
Torres principais	
Colunas e contraventamentos.....	830
Outras partes.....	90
Subtotal.....	2960
Ancoragens	
Barras de olhais e vigas.....	110
Viadutos de acesso	
Vãos (incluindo tabuleiro e contraventamentos).....	960
Torres e contraventamentos.....	290
Diversos	
Grades, etc.....	80
Total.....	4400
A quantidade total de concreto nas ancoragens e pilones é de aproximadamente 14.500 terrenos cúbicos composto pelos seguintes valores:	Terrenos cúbicos
Maciço de ancoragem insular.....	3500
Maciço de ancoragem continental.....	6000
Pilones e encontros.....	5000
Total.....	14500

Fonte: transcrito de Steinman (1926).

6 MANUTENÇÕES, TRANSFORMAÇÕES E ESTADO ATUAL DA PONTE

Este capítulo apresenta os processos de manutenção e de transformações realizadas na ponte Hercílio Luz até o momento. A fase de restauração que visa a reabilitação da ponte está sendo investigada e será apresentada no final deste capítulo, sem no entanto, realizar as análises do projeto de restauração e reabilitação. As análises destas fases de projeto, cujas obras estão em fase de desenvolvimento serão abordadas em um futuro trabalho que deve incluir o acompanhamento das obras e a análise das soluções propostas. Deste modo apresentam-se a seguir os principais aspectos relacionados com a manutenção, transformações e intervenções realizadas entre os anos de 1926 e 2006, buscando descrever as manifestações patológicas registradas e o estado atual de conservação da ponte.

6.1 MANUTENÇÕES E TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS

Nesta seção serão apresentadas as atividades de manutenção desenvolvidas na fase de utilização da ponte, da sua inauguração até o início das obras de restauração em 2006. Estes trabalhos buscam a preservação das características originais da ponte e da sua segurança estrutural. Também serão abordadas as principais transformações da ponte durante este período, que incluem elementos e usos que foram alterados ao longo deste tempo, como a substituição da pista de madeira original, mudança de luminárias, entre outros.

Para a inauguração da ponte, o governador em exercício na época, Antônio Pereira da Silva e Oliveira, solicitou ao engenheiro Dr. Paulo Frontin a indicação de profissionais para realizarem a inspeção da obra. Foram consultados os engenheiros Oscar Machado da Costa e Mário de Faria Bello que analisaram os projetos e elaboraram um relatório técnico, que incluía o cálculo de verificação da estrutura e a inspeção dos serviços realizados. Isto se fazia necessário para tranquilizar o governador e a opinião pública sobre a segurança da ponte. Os engenheiros enfrentaram dificuldades desde o início porque os departamentos responsáveis do Estado não tinham os documentos e a integralidade dos projetos para realizar esta inspeção inicial. Segundo Andrade (1981), foi necessário recorrer aos arquivos dos engenheiros encarregados da construção. O referido relatório concluiu que baseado na qualidade do material especificado no projeto, era seguro trafegar na pista central da ponte um trem com trilhos de bitola de um metro

composto por uma locomotiva elétrica de 50 toneladas e vagões de 30 toneladas. Como hipóteses de carregamento foram consideradas, ainda, duas filas de caminhões de seis toneladas sobre toda a extensão das duas pistas laterais da ponte. As cargas relativas aos pedestres foram consideradas à razão de 300 kg/m², ou seja, cerca de quatro pessoas por metro quadrado, transitando na passarela situada no lado norte. Consideraram-se, também, as cargas relativas à adutora de água, estabelecendo-se um peso de 650 kg por metro na lateral sul da ponte.

A ponte foi inaugurada sem a colocação dos trilhos na faixa central, colocando-se no entanto reforços por meio de longarinas metálicas e vigas de madeira maciça para a futura instalação dos trilhos. Deste modo, para a inauguração da ponte foram colocados pranchões de madeira posicionados longitudinalmente coincidindo com as duas pistas de rodagem de veículos, conforme pode ser observado na figura 6.1 . A pista central, situada entre as pistas de rodagem de veículos, foi destinada a circulação de carroças de maneira a não retardar o tráfego dos veículos.

Figura 6.1: Utilização da ponte em período posterior à inauguração com a ilha ao fundo.



Fonte: Celso Lessa. (sem data)

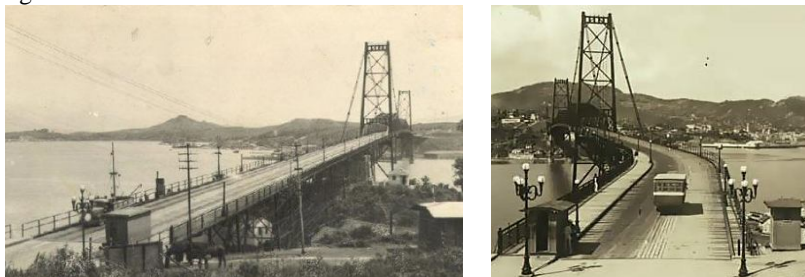
Machado da Costa e Faria Bello (1926) apresentam considerações a respeito da conservação da obra no relatório de vistoria da ponte. Segundo os engenheiros as pontes metálicas exigem cuidados, vigilância constante e muitas despesas com a sua conservação. A estrutura metálica oxida-se ao ar úmido com bastante facilidade e pela maioria das substâncias ácidas, que na presença da umidade, oxigênio e salitre aceleram o processo de corrosão.

A vistoria deve ser constante para manter intacta a pintura que protege a superfície metálica do contato com o ar e a maresia. Além disso, a reação das peças aos esforços dinâmicos faz com que as ligações rebitadas e aparafusadas fiquem mais soltas, exigindo vistoria técnica permanente para verificar a integridade das ligações. Qualquer manifestação patológica, fissura na camada de pintura, ou rompimento de rebites nas ligações exigem reparo imediato. Com frequência são necessárias as instalações de ar-comprimido e andaimes suspensos na estrutura para a realização da vistoria e manutenções. Estes dispositivos são necessários para fazer a substituição dos rebites, segundo Costa (1926).

No mesmo ano da inauguração, em fevereiro de 1926 foi aberto o edital de concorrência para a conservação da ponte Hercílio Luz e das vias de acesso. Os recursos para a conservação da ponte e das vias de acesso são captados por meio de pedágio. No ano anterior o Congresso Representativo havia decretado a lei nº 1524 que estabelecia a criação do pedágio e a proposta de conservação a ser realizada mediante concurso público. Os serviços de vistoria e manutenção começaram a ser feitos em 1926 pela empresa Corsini e Irmãos, por meio de contrato firmado com o Estado por um período de dez anos, que no entanto foi encerrado em 1930.

Logo após a inauguração foram construídas guaritas nas duas cabeceiras da ponte para a cobrança do pedágio, conforme mostrado na figura 6.2 a. Os primeiros ônibus urbanos começaram a circular, além das carroças charretes e o bondinho. Os primeiros ônibus tinham apenas uma porta e a carroceria era feita de madeira, conforme apresentado na figura 6.2 b. A Inspetoria de Veículos e Trânsito foi o órgão que inspecionava as empresas urbanas e intermunicipais de transporte público. Posteriormente a prefeitura municipal passou a ser responsável pelas empresas municipais de transporte e o Departamento de Estradas e Rodagem responsável pelas empresas de transporte intermunicipais.

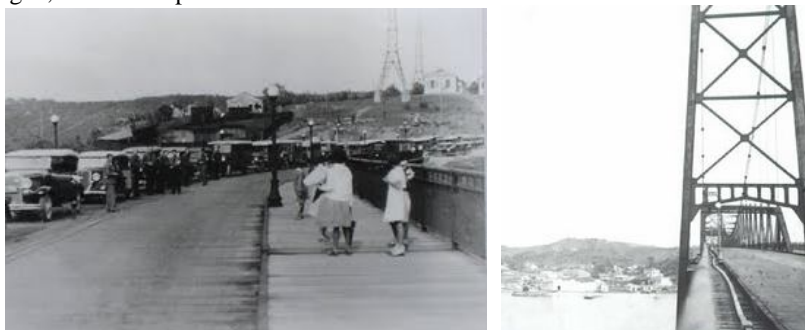
Figura 6.2: a – Viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso continental.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

No lado norte da ponte foi realizado um passeio de madeira, luminárias e um guarda-corpo para proteger os pedestres. Ainda não havia a proteção entre a pista e o passeio, conforme mostrado na figura 6.3 a. No lado sul a grade metálica era mais simples do que o guarda-corpo do lado norte, pois apresentava apenas dois tubos longitudinais. A adutora de água ainda não havia sido instalada no lado sul, conforme apresentado na figura 6.3 b.

Figura 6.3: a – Passeio de pedestres, lado norte da ponte e b – Encanamento de água, lado sul da ponte.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

Durante a Revolução de 1930 foi retirado parte do estrado de madeira, de modo a impedir a passagem de tropas e equipamentos bélicos. Com a construção da ponte, a ilha perdeu o fator estratégico de garantir seu isolamento do continente. No caso desta revolução, a esta estratégia de defesa compreendia o controle da ponte. Segundo relatos da época, na cabeceira insular foram cavadas trincheiras para os fuzileiros navais e outros combatentes. Para assegurar foram arrancados

30 metros do estrado de madeira e trançados, de lado a lado da ponte, fios de arame farpado.

Em 1947, foi realizado um primeiro estudo sobre as condições de conservação da ponte. Em 05 de Dezembro de 1947, o Eng^o Oscar Machado da Costa apresenta ao Dr. Dr. Leoberto Leal, Secretário da Viação, Obras Públicas e Agricultura do Estado de Santa Catarina, as conclusões do exame e dos estudos sobre a manutenção da ponte. Neste estudo, o engenheiro relata que o estado de conservação da ponte era bom e que a estrutura suportava as cargas previstas no projeto com a devida segurança. As peças principais do vão central tais como longarinas, traversinas, vigas mestras, pendurais, barras de olhal e torres principais estavam em boas condições. Existiam algumas falhas que não comprometiam a resistência da estrutura, sendo fáceis de reparar como, por exemplo, o afrouxamento de alguns rebites. Segundo Costa (1947), o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem exigia que obras deste gênero fossem calculadas para caminhões de 12 toneladas, sendo capaz de resistir à passagem de um rolo compressor de 24 toneladas.

A pavimentação de madeira, adotada no projeto inicial, apresentava alguns problemas: o piso vibrava excessivamente, causando ruído quando os veículos passavam, nos dias de chuva era escorregadio e os pranchões de madeira mostrados nas figuras 6.4 a e b, eram de difícil fixação, afrouxando-se com o uso.

Figura 6.4: a – Pista de rodagem em madeira no vão central (1950) e b – Viaduto de acesso insular.



Fonte: Acervo Instituto Histórico Geográfico de Santa Catarina.

As normas técnicas do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem exigiam resistências mecânicas dos elementos estruturais maiores para resistir às novas cargas de tráfego. O Eng^o Machado da Costa recomendou uma série de transformações para tornar a estrutura mais rígida e o tráfego de veículos mais seguro. O estrado de madeira

deveria ser substituído por um estrado metálico mais rígido e revestido com concreto asfáltico. Esta solução facilitaria a manutenção, diminuiria as vibrações e aumentaria a aderência da superfície de tráfego, evitando derrapagens. Os serviços propostos pelo engenheiro ainda incluía a aquisição de equipamentos destinados à pintura e à conservação da estrutura.

Em Janeiro de 1960, o DER/SC, atual DEINFRA, contrata a empresa Machado Costa S.A para assumir a manutenção da ponte. A partir desta data, a ponte Hercílio Luz apresentou duas grandes transformações em sua estrutura original. A primeira foi a remoção do estrado de madeira e parte das longarinas principais. A segunda intervenção foi a retirada do estrado de madeira e a colocação de um estrado de aço corrugado, coberto com mistura asfáltica, apoiados em um sistema de longarinas e vigas transversais metálicas.

Esta camada asfáltica exigia constante manutenção pois o calor e o tráfego deformavam e degradavam as camadas superficiais. Na síntese da entrevista elaborada por Hayashi e Barth (2012) o mestre de obras Ivo Pelegrini comenta os principais aspectos da manutenção e de algumas intervenções que ocorreram na ponte até a fase atual. O funcionário participa desde 1960 das obras de manutenção e do processo de restauração e reabilitação. Segundo Pelegrini, a primeira grande modificação ocorreu durante o governo de Ivo Silveira, entre 1966 e 1971, na qual a instituição responsável pela manutenção da ponte realizou a troca da pista de madeira. A pista de madeira era constituída de peças maciças de imbuia, que em algumas partes eram fixadas com alguns parafusos que danificavam os pneus dos veículos. Pelegrini descreve que no início da década de 60 ainda era possível substituir as pranchas de madeira do piso sem que fosse paralisado totalmente o tráfego sobre a ponte. Posteriormente só era possível trabalhar no período da noite, pois o tráfego passou a ser mais intenso durante o dia.

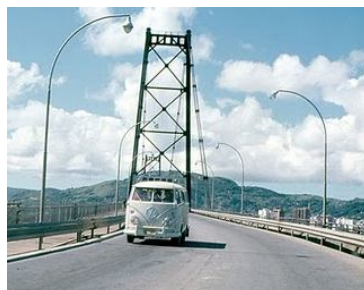
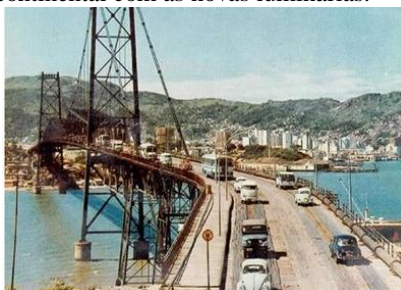
Duas pontes foram construídas nos Estados Unidos inspiradas na ponte Hercílio Luz, mas com vãos centrais menores, aproximadamente 213 metros. A *Silver Bridge* foi inaugurada em 1928 e ruiu em 1967, sua construção foi sobre o Rio Ohio em *Point Pleasant*. A *Saint Mary Bridge* foi inaugurada em 1928 e demolida em 1971 como consequência dos temores provocados pela queda da *Silver Bridge*. O colapso da primeira ponte pode estar relacionado às baixas temperaturas na localidade, que geravam alterações nas propriedades do aço nas barras de olhais. Estas informações chegaram até o Brasil e as autoridades começaram a se preocupar com a situação da ponte Hercílio Luz. Esta ponte difere dessas duas pontes americanas porque ela foi projetada com

quatro segmentos de barras de olhal, o que aumentava o coeficiente de segurança. As pontes americanas continham apenas dois segmentos de barras de olhal nas suas cadeias de suspensão, aumentando consideravelmente os riscos de colapso.

No ano de 1967, segundo Andrade (1981), aproximadamente 17 mil veículos passavam sobre a ponte Hercílio Luz diariamente, tráfego próximo ao valor máximo previsto. Em 1969 a empresa encerrou o trabalho de substituição da pista de madeira. Além do estrado também foram substituídas as peças de madeira logo abaixo do piso, substituindo-as por longarinas e vigas transversais metálicas. Este serviço foi fiscalizado pelo engenheiro Itamar Flâmia, chefe da Coordenadoria Regional do DER na época.

Outras transformações também ocorreram nas décadas de 60 e 70. As luminárias originais foram substituídas por modelos curvos, as defensas metálicas foram acrescentadas do lado norte e sul da pista de rodagem; e o guarda-corpo do passeio foi alterado conforme mostrados nas figuras 6.5 a e b.

Figura 6.5: a – Viaduto de acesso continental e b – Viaduto de acesso continental com as novas luminárias.



Fonte: Acervo Casa da Memória. (sem data)

O tráfego continuava crescendo. Em 1970 trinta e três mil veículos passavam sobre a ponte. Neste período o governo já se preocupava com o aumento do tráfego e desenvolveu proposta da segunda ligação ilha-continente. O projeto apresentado ao presidente Costa e Silva foi iniciado em 1972 e inaugurado em 8 de março de 1975. A ponte Hercílio Luz passou a se chamar de “Ponte Velha” e a “Ponte Nova” de Ponte Colombo Salles. As duas pontes funcionavam de modo paralelo.

Em 1976, o DETRAN apresentou uma estatística feita nas cabeceiras das duas pontes na qual o tráfego diário da ponte Hercílio

Luz era de 19.679 veículos diários contra 15.699 da Colombo Salles. Pelo período de cerca de seis anos as duas pontes, Nova e Velha, atendiam a um fluxo de veículos crescentes.

Em 1981, segundo Pelegrini ouviu-se um estouro muito grande na ponte, soou como se fosse um golpe com uma marreta em uma peça de aço. O rompimento da barra de olhal não foi identificado no momento. No final daquele ano, a convite do DER/SC, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) emitiu um parecer técnico denominado "Exame Preliminar da Ponte Hercílio Luz", que concluiu que havia o risco de colapso da ponte, recomendando a sua interdição. Em 22 de janeiro de 1982, a ponte Hercílio Luz foi interditada aos veículos, permitindo porém a passagem de pedestres até 1988.

Em 1981 foi contratada pelo Departamento de Estradas e Rodagem de Santa Catarina a empresa Construtora ROCA Ltda., com o objetivo de realizar serviços de manutenção da ponte. Neste período a ponte passou por novas transformações, pois a empresa executou vários outros serviços, tais como a substituição das bielas de apoio móveis das duas torres principais, a restauração do passeio de pedestres e a retirada da adutora de água que havia na lateral da ponte. Segundo Ivo Pelegrini, após o exame preliminar do IPT, foi recomendado que a cor preta original fosse alterada para outra cor que não absorvesse tanto calor, de modo a reduzir dilatação das peças de aço. A construtora, para tanto, realizou serviços de jateamento e a mudança de pintura da ponte com tinta prateada.

Em maio de 1982 o DER/SC assinou um contrato para a execução de serviços de restauração da ponte com a Usiminas Mecânica S/A –USIMEC, pelo prazo de dois anos, contando com o assessoramento das firmas Steinman, Gronquist & Birdsall Consulting e Leonard Goldblatt Engenharia. Em outubro de 1982, a empresa americana Steinman, autora do projeto da ponte, por meio de uma inspeção visual elaborou um relatório, que indicava a necessidade de se executar uma série de reforços na ponte, classificando-os em reparos imediatos e de longo prazo. Em 1984 o contrato foi interrompido, logo após serem emitidos os primeiros estudos e análises a respeito da situação da ponte.

Posteriormente o DER/SC apresentou um relatório que sinalizava o péssimo estado das barras de olhais. O IPT analisou o relatório e concordou com a conclusão do DER/SC, motivando uma nova interdição da ponte. O rompimento de uma barra de olhal foi constatado apenas no final de 1982, quando a empresa estava realizando uma inspeção de rotina na cadeia de barras de olhal. Esta barra de olhal

posiciona-se na cadeia sul, próxima ao topo da torre principal da cabeceira insular. Sob a supervisão da empresa Steinman International Inc. e tendo a execução dos serviços a cargo da Construtora ROCA, foi feito um reforço provisório da barra de olhal que havia sido rompida e que permanece até hoje, conforme ilustrado nas figuras 6.6 a e b.

Figura 6.6: a – Reforço da barra de olhal rompida, torre insular lado sul e b – Detalhe do reforço com cabos de aço na barra rompida.



Fonte: Autor. (2009)

A primeira reação foi interditar o tráfego para garantir a segurança pública e a estabilidade da ponte. Isso eliminou as tensões provocadas por sobrecarga e os riscos de fissuramento nas barras de olhal provocado pela fadiga. O peso foi reduzido e a tensão média nas barras foi reduzida para cerca de 244 MPa, considerando a perda de 20% da seção útil. A tensão máxima nos olhais é de 568 MPa aproximadamente. Mesmo com o rompimento parcial da barra de olhal, o aço original apresenta boa capacidade de resistência. A redistribuição das cargas nas demais barras de olhal evitou o colapso da ponte Hercílio Luz.

Após a ruptura da barra, ainda em 1982, o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, iniciou estudos relativos à análise da estabilidade da cadeia de barras de olhal. Os resultados destes estudos foram apresentados em julho de 1983 e constaram de três partes distintas, ensaios de materiais, resistências mecânicas e análise de tensões nas barras de olhal. Posteriormente diferentes empresas e órgãos realizaram inspeções, testes e análises, elaborando outros relatórios sobre o estado de conservação da ponte e suas implicações com a segurança. Dentre estes, em fevereiro de 1989, a UFSC desenvolveu um projeto conceitual, cuja premissa básica foi a de manter as principais características do projeto original da ponte, em

especial, a continuidade na utilização de barras de olhais. Neste projeto, a UFSC procurou analisar modos de recuperação da barra de olhal rompida e de outras que já apresentavam sinais de corrosão. Em meados de 1989, através do projeto LARUS, também desta Universidade, foram apresentados trabalhos de inspeção subaquática sobre as condições das fundações das torres principais de sustentação do vão pênsil, chegando-se à constatação da existência de fissuras e de cavidades nos blocos de concreto em algumas das bases dos apoios.

Em março de 1988, a ponte é reaberta para o tráfego de pedestres, motocicletas e carroças, sendo que em julho de 1991 a ponte foi interditada mais uma vez. A camada de asfalto do vão central foi retirada para reduzir o peso, conforme apresentado nas figuras 6.7 a e b. Segundo Ivo Pelegrini, a população realizava a travessia mesmo após a interdição da ponte, sendo necessário colocar um tapume de madeira com 4 metros de altura para impedir as invasões. O projeto da terceira ligação ilha-continente, a ponte Pedro Ivo Campos, foi inaugurada em 1991, atendendo as necessidades do fluxo de veículos.

Figura 6.7: a – Pista de asfalto removida do vão central e b – Pista de asfalto no viaduto de acesso.



Fonte: Autor (2009) e Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

Em 1994 o consórcio formado pela empresa americana Steinman, e as empresas Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., elaborou em conjunto um projeto de recuperação da Ponte Hercílio Luz por meio de um contrato assinado com o DER/SC. Este trabalho incluía uma estimativa de custos e prazos para a elaboração de projeto final e execução das obras de recuperação. Os projetistas propuseram a substituição das barras originais por cabos definitivos utilizando pilares e cabos provisórios para a sustentação do vão, sendo apresentado também um manual de inspeção e manutenção para a ponte.

Em agosto de 1996, o DER/SC assinou um contrato de dois anos com o Consórcio ROCA-TEC para executar os serviços de manutenção da ponte, incluindo-se aí a recuperação parcial dos viadutos de acesso do lado ilha e de cinco inspeções mensais das cadeias de barras de olhal. Na cadeia de barra de olhal foram fixadas hastes metálicas com cabos de aço formando um guarda corpo, por onde os técnicos percorriam para fazer a inspeção, conforme apresentado nas figuras 6.8 a e b.

Figura 6.8: a – Engenheiros no vão central e barras de olhais com pintura original e b – Engenheiros no topo da torre principal.



Fonte: Xavier. (sem data)

Em 2003 foi assinado mais um contrato de manutenção da ponte, cujas intervenções propostas fazem parte do projeto de referência para a restauração e a reabilitação que está em vigência.

6.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E O ESTADO ATUAL DA PONTE

Neste item busca-se apresentar o estado atual da ponte por meio de observações e fotografias que identificam a localização das principais manifestações patológicas na estrutura da ponte. Estas observações são indicativas do estado de deterioração, sendo descritas em conformidade com os relatórios de inspeção visual realizados por Flávio D'Alambert em 2009.

A função dos viadutos insular e continental é possibilitar o acesso ao vão central e facilitar a integração com as vias locais. Grande parte da estrutura dos viadutos de acesso, mostrada na figura 6.9, já foi reabilitada e o estado atual da estrutura apresenta boas condições de segurança. A infraestrutura foi parcialmente reforçada e algumas torres foram reforçadas com chapas metálicas adicionais. Todavia ainda faltam

alguns serviços de reforço da estrutura previstos no projeto de referência aprovado pelo Deinfra.

Figura 6.9: Viadutos de acesso insular e continental.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

Além dos reparos realizados na estrutura metálica, um estrado de madeira foi colocado nos dois viadutos permitindo o acesso ao vão central, conforme apresentado na figura 6.10. Este estrado de madeira deve ser mantido até o final da etapa de reabilitação e sua manutenção segue vistorias semanais.

Figura 6.10: a – Viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso continental.



Fonte: Autor. (2010)

Na extremidade do viaduto de acesso insular, a encosta de apoio necessita ser reabilitada, conforme mostra a figura 6.11 a. No lado insular, há erosão na parte inferior do muro de concreto próximo ao encontro. No lado continental, os serviços foram realizados conforme o “projeto de referência”. A encosta é mais alta e há duas canaletas de drenagem que alcançam o nível mais baixo do terreno. A construção das novas canaletas solucionou o problema de erosão que existia na cabeceira continental, conforme ilustrado na figura 6.11 b.

Figura 6.11: a – Encontro do lado da ilha e b – Encontro do lado do continente.



Fonte: Autor. (2009)

Em cada viaduto de acesso, os vãos cobertos com vigas de alma cheia foram restaurados e apresentam um bom estado de conservação. O tráfego de veículos sobre esta estrutura é possível e sem riscos a sua segurança. A viga de alma cheia está localizada entre as torres da mesoestrutura, conforme mostrado na figura 6.12.

Figura 6.12: Vão com viga de alma cheia situado no viaduto de acesso insular.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

As vigas de alma cheia apresentavam acelerado processo de corrosão antes da restauração, conforme pode ser visto na figura 6.13 a. Todas as vigas de alma cheia foram substituídas e apresentam um bom estado de conservação conforme mostra a figura 6.13 b.

Figura 6.13: a – Viga de alma cheia corroída e b – Viga de alma cheia restaurada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Atualmente, as treliças do tipo Warren que sustentam os viadutos de acesso, apresentam um bom estado de conservação. Esta parte da estrutura também foi reabilitada com o uso de uma estrutura provisória de andaimes de madeira para possibilitar a substituição de algumas peças. Estas treliças estão posicionadas sobre a água. E apresentavam acentuado processo de corrosão. As peças da treliça foram restauradas e reforçadas, conforme apresentado nas figuras 6.14 a e b. O reforço da estrutura consistiu em adicionar novas peças metálicas para aumentar a seção dos elementos da treliça. Após o processo de restauração, a estrutura metálica apresentou aumento da rigidez, devido a adição de chapas e rebites.

Figura 6.14: a – Treliça do tipo Warren corroída e b – Viga do tipo Warren restaurada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

As torres dos viadutos de acesso também foram reabilitadas nesta etapa, em que algumas peças foram substituídas. O processo de restauração também foi realizado com uma estrutura provisória de andaimes de madeira fixada na torre. As torres dos viadutos de acesso variam em altura conforme a adaptação no terreno. Os elementos secundários das torres encontravam-se em avançado estado de corrosão antes da restauração, conforme pode ser visto na figura 6.15 a. As torres dos viadutos de acesso foram restauradas integralmente, sendo realizados reforços na estrutura das torres principais. Algumas pernas das torres foram reforçadas com chapas metálicas rebitadas, conforme mostrado na figura 6.15 b.

Figura 6.15: a – Contraventamento da torre insular corroída e b – Contraventamento da torre insular restaurada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

As sapatas das torres foram reforçadas por meio de uma camada de recobrimento. O projeto de referência prevê que as fundações das torres sejam reforçadas com concreto, formando um bloco de concreto armado com maior dimensão daqueles existentes, conforme pode ser visto nas figuras 6.16 a e b. A localização próxima ao mar exige que seja realizada a manutenção constante das novas estruturas também.

Figura 6.16: a – Forma original da fundação da torre e b – Fundação da torre reforçada.



Fonte: Autor. (2009)

A estrutura do vão central da ponte pênsil ainda apresenta diversas manifestações patológicas, sendo que nenhuma das peças foi restaurada. A treliça de rigidez, as barras de olhais e os consoles não passaram por nenhuma intervenção. Estes serviços exigem uma estrutura provisória que necessita ser previamente executada sob o vão central. Na parte da ponte onde o asfalto foi retirado do vão central, as chapas corrugadas estão bastante deterioradas, conforme apresentado na figura 6.17 a. Os consoles e o guarda-corpo do passeio apresentam muitas manifestações patológicas, mas que podem ser reparadas para a sua reutilização. No vão central também foi colocado um estrado de madeira provisório no passeio onde pode ser feita a travessia, conforme mostra a figura 6.17 b.

Figura 6.17: a – Chapas corrugadas enferrujadas no vão central e b – Estrado de madeira no passeio do vão central.



Fonte: Autor e Fábio P. Nunes. (2010)

O contraventamento inferior e superior do vão central apresentam pontos de acentuada corrosão, mostrando a necessidade de substituição de algumas peças. O vão central sempre foi a parte mais complexa na realização dos serviços de manutenção, devido às dificuldades ao se trabalhar com a estrutura suspensa.

A cadeia de barras de olhal é constituída por barras dispostas no vão central e por outras duas partes para a ancoragem fora das torres principais. As barras de olhal são os principais elementos da estrutura de suspensão da ponte Hercílio Luz. Atualmente, as barras apresentam acentuada corrosão sob a forma de cavidades de grandes proporções, conforme apresentado nas figuras 6.18 a e b. A presença de linhas eletromagnéticas oriundas da rede de iluminação da ponte pode ter acentuado esta corrosão. Nas barras com comprovada degradação deve-se verificar o risco de ruptura ou, em médio prazo colocar dispositivos provisórios para suportar a eventual ruptura da barra. Existem dois fatores que podem comprometer a estabilidade da ponte: a rede de alta tensão e existência de elos degradados das barras de ligação.

Figura 6.18: a – Cavidades geradas por meio de corrosão e b – Corrosão da ligação entre as barras de olhal na corda superior da treliça de rigidez.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

A treliça de rigidez do vão central foi inspecionada em 2009 e apresenta partes que apresentam 18% de redução da seção resistente em função do processo de corrosão. Estes percentuais impossibilitam a peça de ser reutilizada, segundo o Engº Flávio D'Alambert, responsável pelas inspeções. As peças com redução de seção inferior a 10% podem ser reparadas e pintadas para a sua reutilização, sem comprometer a estabilidade da ponte após a restauração. A estrutura do vão central foi inspecionada visualmente e registrada por meio de fotografia. Foram analisados os montantes, diagonais, contraventamentos, etc. Os demais componentes que fazem a ligação e fixação entre as peças, assim como as chapas de ligação e os rebites também foram analisados.

Recentemente, foi observado que a estrutura do vão central apresenta, além do processo de corrosão superficial, trincas e fissuras nos elementos tracionados e degradação de ligações e cabeças de rebites. Os montantes apresentam acentuado processo de corrosão, sendo que alguns deles foram reforçados com chapas metálicas. Na situação atual, existe a possibilidade de ruptura de alguns montantes por processo de corrosão mesmo quando não são muito solicitados. Caso aconteça esta ruptura os esforços serão transmitidos para a corda inferior da treliça de rigidez e as longarinas. As peças do vão central, de modo geral, encontram-se bastante degradadas, decorrente da ausência de manutenção. A inspeção visual realizada na última vistoria sinaliza muitas ocorrências patológicas, conforme apresentado na figura 6.19 a. A parte superior da treliça do vão central é mais fácil de ser acessada para realizar os serviços de restauração. As manifestações patológicas são também mais facilmente observadas na parte superior do vão central, conforme mostra a figura 6.19 b.

Figura 6.19: a – Inspeção das diagonais e nós da treliça e b – Corrosão da treliça de rigidez.



Fonte: Bagnati (2009).

A parte inferior do vão central apresenta uma grande quantidade de peças degradadas pela corrosão das superfícies e dos rebites que podem ser observados nas figuras 6.20 a e b.

Figura 6.20: a – Vista inferior do vão central e b – Detalhe de corrosão do vão central.



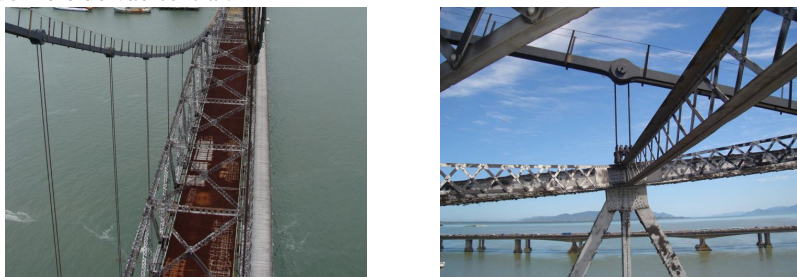
Fonte: Bagnati (2009).

Nas duas laterais mais externas do vão central, os pendurais fazem a ligação da treliça com as barras de olhais. Estes elementos são constituídos por cabos de aço que nunca foram substituídos. Os pendurais e suas hastes de fixação são considerados pontos críticos para a estabilidade da ponte. Os cabos dos pendurais são originais e datam de 1926. Estes elementos podem romper caso seja alterado o modelo de distribuição de cargas da estrutura do vão central, decorrente dos diversos carregamentos previstos nas etapas de intervenção no vão central. Os cabos são constituídos por multifios, podendo apresentar

acentuado processo de corrosão interna. A ruptura de um pendural pode acarretar a ruptura de outros, em efeito cascata.

Os pendurais, fundamentais na suspensão do vão central, são antigos e não receberam manutenção adequada. O conjunto de pendurais e de hastes deverão ser trocados durante a fase de restauração. A substituição dos pendurais só é possível de ser realizada quando a tensão no cabo for anulada. Este procedimento é complexo porque é necessário retirar o peso próprio da treliça do vão central de forma homogênea e equilibrada. A altura dos cabos varia de acordo com a curvatura da corrente formada pelas barras de olhal, conforme mostrado na figura 6.21.

Figura 6.21: a – Diferença de altura dos pendurais e b – Pendural mais próximo do meio do vão central.



Fonte: Autor (2009) e Departamento Estadual de Infraestrutura..

Os pendurais são fixados nos nós da treliça por meio de parafusos que também apresentam corrosão, conforme apresentado na figura 6.22 a. Na parte superior, o cabo contorna os pinos de ligação das barras de olhais, conforme apresentado na figura 6.22 b. Atualmente, estes pinos apresentam pequena seção resistente para as dimensões do pendural, sendo requisito seu aumento no projeto de reabilitação. De modo similar o raio de dobramento cerca de 17,78 cm (7”), é relativamente pequeno, colocando em risco a estabilidade do conjunto caso ocorra um processo acentuado de corrosão.

Figura 6.22: a – Sistema de ligação dos pendurais com a treliça e b – Pendural contornando o pino de ligação das barras.



Fonte: a – Departamento Estadual de Infraestrutura. e b – Autor. (2009)

As duas torres principais também apresentam manifestações patológicas que devem ser tratadas. A seção da travessa inferior da torre insular apresenta acentuada corrosão e ainda está sem manutenção. Algumas partes das torres principais já foram substituídas e outras reparadas. As bielas de apoio foram substituídas na primeira etapa da restauração, sendo que o sistema de guia transversal foi reparado. As pernas também apresentam partes com corrosão superficial, podendo ser reparados facilmente. A manutenção dos elementos das torres é vital para a estabilidade do vão central. As duas torres delimitam o vão central, sendo que nelas são apoiadas as treliças dos viadutos de acesso.

As duas torres principais foram restauradas parcialmente na primeira etapa das obras. Uma estrutura provisória de andaimes foi colocada na parte inferior da torre insular para fixar algumas peças que apresentavam folgas nas ligações, conforme ilustrado na figura 6.23 a. Estas torres também apresentam corrosão superficial nas chapas e nos rebites, conforme mostrado na figura 6.23 b.

Figura 6.23: a – Torre insular e b – Ferrugem da torre principal insular.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

Nas cabeceiras da ponte se encontram os maciços de ancoragem, que servem para fixar as barras de olhal para suportar o carregamento do vão central. O maciço de ancoragem insular apresenta bom estado de conservação, sem necessitar de reforços. O maciço de ancoragem continental também aparenta um bom estado atual, mas precisa de reforços na sua fundação de madeira, de acordo com o diagnóstico apresentado no projeto de restauração. Os maciços não podem ser substituídos, portanto a solução proposta é a construção de reforços de concreto com tirantes transversais e micro-estacas verticais e/ou inclinadas. Na cabeceira continental o maciço de ancoragem não está apoiado em rocha. Nas inspeções efetuadas no Projeto de Referência foi constatado que este maciço está apoiado sobre estacas de madeira e que nem todas suas estacas estão em contato com o concreto da ancoragem.

Externamente os maciços de ancoragem apresentam em bom estado de conservação. Os blocos de concreto possuem algumas trincas superficiais, sem no entanto prejudicar a função estrutural. Estes maciços serão reforçados na segunda etapa de restauração conforme previsto no Projeto de Referência. A vegetação em torno deste bloco foi retirada possibilitando o acesso, conforme pode ser visto na figura 6.24 a. O maciço de ancoragem insular também será reforçado com micro-estacas, apesar de estar apoiado em rocha, conforme mostrado na figura 6.24 b. No interior dos maciços encontram-se cinco barras engastadas que fazem a ligação das barras de olhal. O concreto que envolve as barras apresenta mau estado de conservação.

Figura 6.24: a - Maciço de ancoragem continental e b – Maciço de ancoragem insular.



Fonte: Autor. (2010)

As selas, situadas no topo das torres principais tem a função de ligar a cadeia de barras de olhal com as torres. Sua base é fixada por meio de parafusos, conforme mostrado na figura 6.25 a. Estas selas

passaram por recente manutenção. Na parte superior de algumas delas, foram realizados furos para a passagem da rede de iluminação da ponte. As barras de olhal apresentam corrosão que provocam o travamento na parte interna da sela, conforme mostrado na figura 6.25 b. A restauração interna da sela prevista na segunda etapa será possível de ser realizada somente quando as barras de olhais forem retiradas.

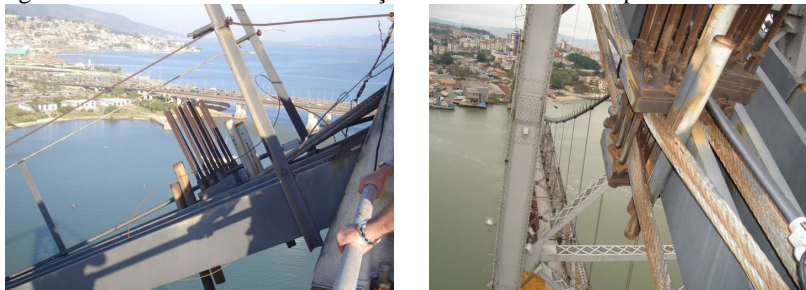
Figura 6.25: a – Vista lateral de uma sela e b – Detalhe da ligação das barras com a sela.



Fonte: Autor e Departamento Estadual de Infraestrutura.

O olhal da barra que rompeu está situado na sela do lado sul da torre insular. Um reforço com cabos de aço foi fixado na barra após o seu rompimento, conforme ilustrado nas figuras 6.26 a e b. Este reforço também apresenta degradação, podendo não suportar eventuais redistribuição de cargas, resultante das deformações estruturais possíveis de ocorrer nas fases posteriores da obra de restauração.

Figuras 6.26: a e b – Detalhe do reforço da barra de olhal rompida.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

As rótulas de apoio das torres principais estão na parte inferior da ponte e estão apoiadas em fundações de concreto. O projeto de restauração prevê o reforço das fundações de concreto das torres. As sondagens mostraram fissuras no concreto submerso. Até o presente momento, estas fundações não receberam reforços estruturais e não passaram por manutenção.

Foi realizada uma inspeção subaquática e uma sondagem rotativa no entorno das fundações de concreto das torres principais, conforme mostrado nas figuras 6.27 a e b. Esta inspeção não detectou nada de anormal nas bases de concreto. Foram também retiradas amostras de concreto e da camada de rocha de apoio. Foi constatado que o concreto é do tipo ciclópico, que incluía rochas na sua construção. Também foi identificada uma perfuração transversal, decorrente do uso de madeiras das formas da ensecadeira e ocorrência de vida marinha no entorno de uma das fundações.

Figura 6.27: a – Fundações da torre principal continental e b – Fundações da torre principal insular.



Fonte: Autor. (2010)

As rótulas de aço apresentavam acentuada corrosão superficial. Eliminadas as camadas com corrosão por meio de uma escova metálica foi possível verificar o estado real das rótulas. Observou-se que a perda de seção do metal era inferior a 1 mm, e que não havia problemas como fissuras ou cavidades, sem comprometer o funcionamento da rótula.

O sistema de rótulas foi reparado e pintado durante a primeira etapa da restauração. As superfícies das peças apresentavam grande corrosão, mas posteriormente foram reparadas e pintadas, conforme mostrado nas figuras 6.28 a e b. As cavidades mais profundas permaneceram, mas a pintura aluminizada contribui para a proteção. As rótulas, apresentam corrosão e perda de seção resistente, sem no entanto comprometer a estabilidade do conjunto. A inspeção realizada nas

rótulas em 2009 foi fundamental para a empresa construtora decidir como realizar a transferência de cargas do vão central para uma estrutura provisória. Qualquer movimento dos aparelhos de apoio podem desestabilizar as torres principais e ruir o sistema de suspensão.

Figuras 6.28: a – Rótula enferrujada e b – Rótula reparada e pintada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Nas rótulas que estavam aparentemente em bom estado, foram encontradas algumas trincas em 2009, conforme mostrado na figura 6.29 a. Além das trincas, observou-se acentuada corrosão na chapa intermediária entre a torre e o aparelho de apoio, conforme mostrado na figura 6.29 b.

Figuras 6.29: a – Trinca na rótula e b – Corrosão na chapa intermediária.



Fonte: RMG Engenharia (2009).

As treliças do vão central e do viaduto de acesso são apoiadas na viga transversal da torre principal. Este conjunto de apoios passou por completa restauração na primeira etapa das obras. Nas duas torres principais ainda existem estruturas provisórias de andaimes para que os operários tenham acesso e façam a manutenção dos sistemas de apoio, conforme mostrado na figura 6.30 a. O apoio rotulado da treliça Warren

do viaduto de acesso e a viga de apoio da torre principal estão restaurados, conforme mostrado na figura 6.30 b.

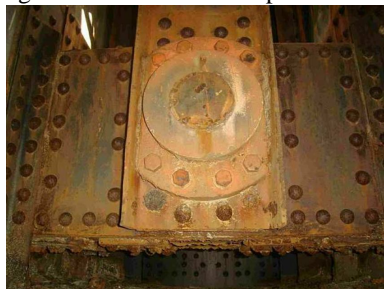
Figura 6.30: a – Biela de apoio na torre principal e b – Vista inferior do sistema de apoio na torre principal.



Fonte: Bagnati. (2009)

As bielas de apoio da treliça de rigidez foram restauradas, conforme apresentado nas figuras 6.31 a e b. Este sistema de apoio faz parte apenas da treliça de rigidez do vão central e aparenta estar em boas condições de conservação.

Figura 6.31: a – Biela de apoio enferrujada e b – Biela de apoio restaurada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura.

Algumas peças das torres devem ser substituídas em função do acentuado estado de corrosão, sendo que outras peças podem ser reutilizadas após os serviços de reparo e pintura. A última inspeção realizada foi entre agosto e outubro de 2009, quando a estrutura do vão central foi inteiramente vistoriada pela empresa Projeto Alpha Engenharia de Estruturas S/C Ltda. Os viadutos de acesso também foram inspecionados pela empresa RMG Engenharia S/C Ltda, cujos responsáveis técnicos são os Engenheiros Klemens Reher e Jörn Jewe

H. Maertens. As inspeções realizadas avaliaram o estado de corrosão de cada peça, cujos resultados obtidos indicaram quais são as peças que devem ser substituídas e quais peças que podem ser reutilizadas após os devidos reparos e pintura.

6.3 PROPOSTAS PARA A RESTAURAÇÃO E A REABILITAÇÃO

Nesta seção do trabalho é feita a apresentação e caracterização das propostas de reabilitação. Em 2004, o Consórcio das empresas Sondotécnica-Ingérop entregou o projeto de restauração e reabilitação da ponte Hercílio Luz que, até hoje, é utilizado como “Projeto de Referência”. Este projeto dividiu a obra em duas etapas: os dois viadutos de acesso e o vão central. O governo investiu U\$ 5 milhões neste projeto. Somente em 2006 o governo do Estado aprova o primeiro investimento da restauração e reabilitação para o início das obras. Foi iniciada a primeira etapa que foi encerrada em 2009, sendo gastos R\$ 26 milhões. A primeira etapa seguiu o Projeto de Referência, mas a segunda etapa, em andamento, apresenta propostas alternativas de reabilitação.

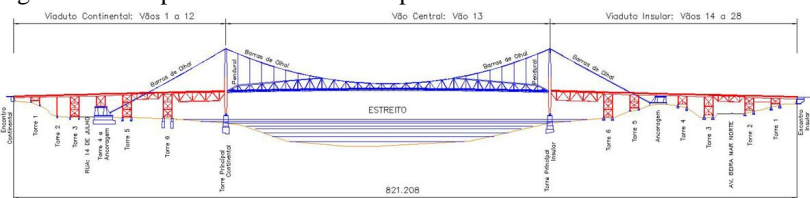
6.3.1 Elaboração do Projeto de Referência e etapas

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes realizou em 2000 o diagnóstico de avaliação do estado de conservação da ponte que resultou em um projeto executivo de restauração e reabilitação da ponte. As avaliações e inspeções feitas pelo projetista identificaram que as peças metálicas da superestrutura, principalmente as torres e vãos dos viadutos de acesso, apresentavam avançado estado de corrosão. As barras de olhal também apresentaram sinais de avançada corrosão. A avaliação do estado do vão pênsil definiu como pontos críticos da estrutura a cadeia de barras de olhal com suas ancoragens e os pendurais com suas hastes de fixação. O diagnóstico de avaliação concluiu que as obras de restauração deveriam ser iniciadas o mais rápido possível, porque a estrutura pênsil da ponte se encontrava muito degradada. Eventual rompimento das barras de olhal poderia acarretar o colapso total da estrutura. A interdição ao tráfego e a diminuição do peso do tabuleiro permitiram reduzir fortemente o risco de colapso, mas sem descartá-lo inteiramente.

Em 2004 foi realizada a entrega do projeto de restauração e reabilitação elaborado pelo Consórcio Sondotécnica – Ingérop. O

projeto divide a obra em duas etapas, a primeira que abrange a recuperação dos viadutos de acesso e parte das torres principais e a segunda que é constituída por reforços e reabilitação das fundações, substituição do sistema pênsil e a recuperação do vão central, conforme mostrado na figura 6.32. As principais exigências do Projeto de Referência para as duas etapas são manter as características do projeto original e aumentar as condições de segurança da ponte.

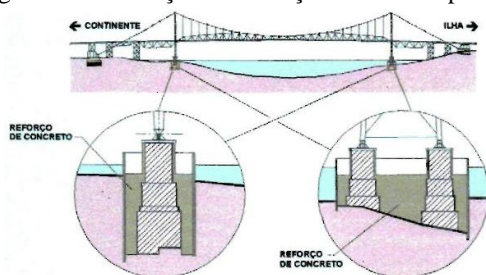
Figura 6.32: Etapa 1 em vermelho e Etapa 2 em azul.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

O escopo de trabalho estabelecido na primeira etapa foram os trabalhos de reabilitação, restauração e manutenção da estrutura metálica dos viadutos de acesso. Foi prevista também a execução de uma pista de rolamento provisória em madeira ao final da obra para ser utilizada na segunda etapa e a recomposição da passarela conforme o projeto original da ponte. O escopo estabelecido para a segunda etapa foram os trabalhos de reabilitação, restauração e manutenção da estrutura metálica do vão central, o sistema de suspensão da ponte e o reforço das fundações. O Projeto de Referência estabeleceu um sequenciamento executivo para a segunda etapa. O reforço das fundações das torres principais é uma das primeiras fases da restauração conforme pode ser visto na figura 6.33.

Figura 6.33: Reforço das fundações das torres principais.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

O reforço das fundações refere-se também às bases das torres dos viadutos de acesso. O projeto de referência apresenta reforços de concreto nas bases apoiadas em rocha, conforme apresentado na figura 6.34 a. As bases apoiadas em rocha por meio de estacas de madeira devem ser reforçadas com um bloco de concreto apoiado em novas estacas-raiz, conforme pode ser visto na figura 6.34 b.

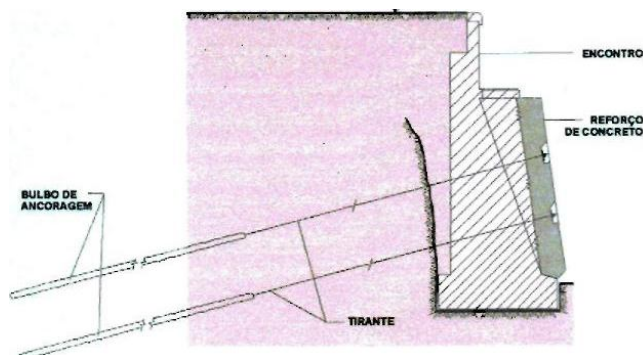
Figura 6.34: a – Base das torres nos viadutos de acesso apoiada em rocha e b – base das torres nos viadutos de acesso apoiada em estacas.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

O encontro insular será reforçado com tirantes cravados no terreno através do bloco de concreto e sua superfície será reforçada com uma camada de concreto, conforme apresentado na figura 6.35. O Projeto de Referência não apresenta o reforço do bloco de concreto no encontro continental. De outra parte o terreno no encontro continental apresenta uma declividade bastante acentuada, o que exige o detalhamento de novas canaletas para evitar a erosão do terreno.

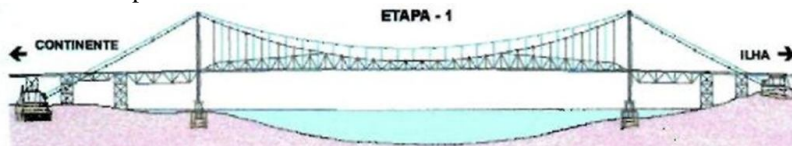
Figura 6.35: Reforço do encontro do lado da ilha na extremidade do viaduto de acesso.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

A fase de reabilitação do vão central inicia com a colocação de cabos e pendurais provisórios para o procedimento da transferência de cargas, conforme mostrado na figura 6.36. Atualmente, esta proposta foi substituída por um novo projeto de transferência de carga que utiliza uma ponte provisória como apoio do vão central. Esta proposta alternativa será apresentada na seção relativa a segunda etapa.

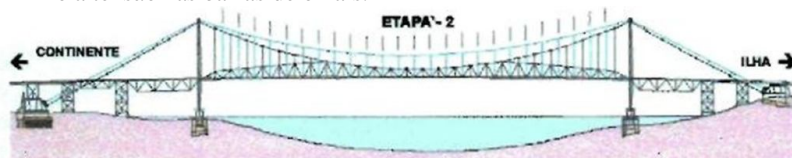
Figura 6.36: Colocação de cabos e pendurais provisórios, transferência de carga para os cabos provisórios.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

A tensão das barras de olhal é reduzida ao mínimo utilizando os pendurais provisórios, conforme pode ser visto na figura 6.37. Esta fase permite que as barras de olhal possam ser retiradas da posição original no vão central e nas extremidades de ancoragem, com exceção das barras que funcionam como corda superior da treliça de rigidez na parte central do vão.

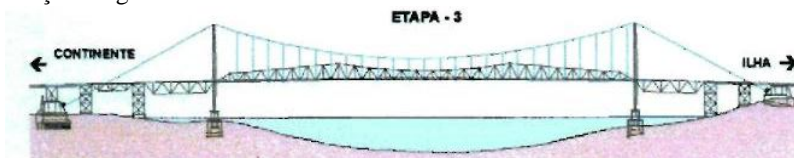
Figura 6.37: Regulagem de tensão nos pendurais provisórios para reduzir ao mínimo a tensão nas barras de olhais.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

Posteriormente, o projeto prevê a retirada das barras de olhal sustentando o vão central com a estrutura de cabos provisórios, conforme mostrado na figura 6.38.

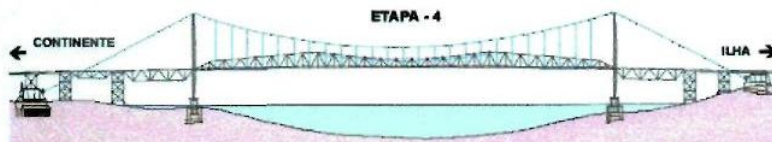
Figura 6.38: Desmontagem das barras de olhais, exceção da parte central da treliça de rigidez.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

Na etapa seguinte, o projeto prevê a instalação de perfis metálicos provisórios na treliça do vão central, como pode ser visto na figura 6.39. Esta etapa permite que a estrutura mantenha a estabilidade durante a substituição das peças.

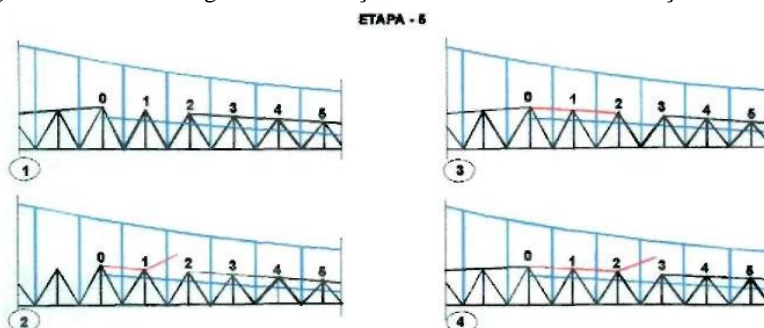
Figura 6.39: Instalação de perfis metálicos provisórios na treliça central.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

O Projeto de Referência apresenta a retirada das barras de olhal da corda superior e as cordas superiores da treliça, conforme mostrado na figura 6.40.

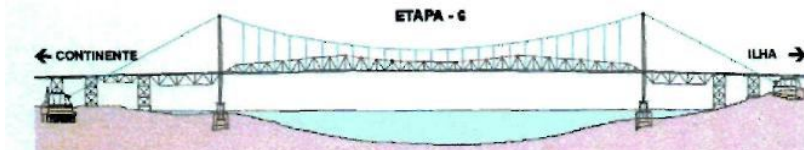
Figura 6.40: Desmontagem e substituição das barras de olhal na treliça central.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

Os perfis provisórios são retirados após a restauração da treliça do vão central, como pode ser visto na figura 6.41.

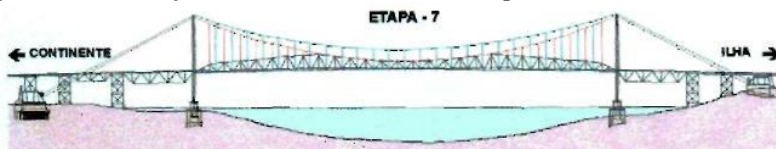
Figura 6.41: Desmontagem dos perfis provisórios.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

As novas barras de olhal e os pendurais são instalados no vão central, conforme mostrado na figura 6.42. As novas barras de olhal e os novos pendurais possuem uma geometria diferente da original, sendo projetadas para que as peças tenham mais resistência mecânica nos pontos de ligação.

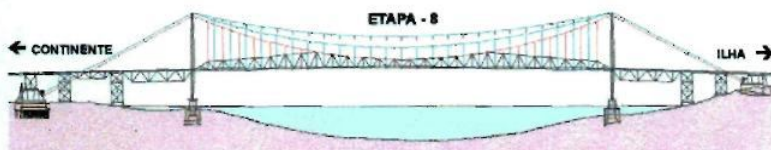
Figura 6.42: Instalação das demais barras de olhal e pendurais definitivos.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

A transferência de carga é realizada entre os cabos provisórios e a nova cadeia de barras de olhal, como pode ser visto na figura 6.43.

Figura 6.43: Transferência de carga entre os cabos provisórios e as novas barras de olhal.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

Deste modo a estrutura de cabos provisórios pode ser desmontada e retirada da ponte, como pode ser visto na figura 6.44. Esta etapa encerra a restauração da estrutura metálica no vão central. A pista de rodagem pode ser colocada após o término da transferência de cargas. A última fase das obras corresponde aos serviços da pista de rodagem, realização dos acabamentos e pintura.

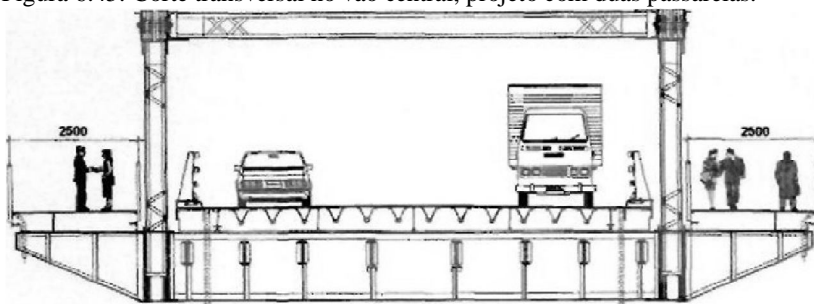
Figura 6.44: Desmontagem dos cabos provisórios.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

No Projeto de Referência são propostas pequenas transformações na ponte. Estas variações provem uma pista de rolamento com duas faixas de 3,60 metros de largura em cada direção e duas passarelas para pedestres e ciclistas com largura de 2,5 metros cada, como pode ser visto na figura 6.45.

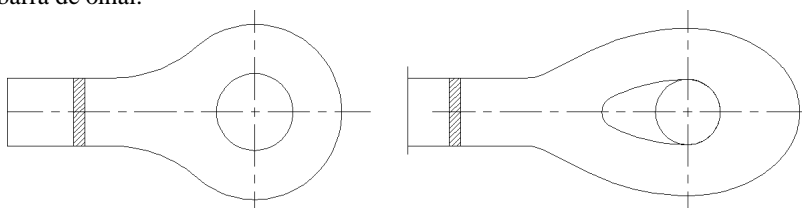
Figura 6.45: Corte transversal no vão central, projeto com duas passarelas.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2004)

No diagnóstico apresentado no Projeto de Referência constatou-se que as tensões no entorno dos olhais das barras estão concentrados e que já eram considerados no projeto original. O limite elástico do aço será aumentado e a forma ovalada vai reduzir as tensões nestes pontos, como pode ser visto nas figuras 6.46 a e b.

Figura 6.46: a – Geometria da barra de olhal original e b – Geometria da nova barra de olhal.



Fonte: Adaptação do Projeto de Referência. (2004)

A opção permite garantir segurança à obra conservando o sistema construtivo original. O desenvolvimento tecnológico atual permite um maior controle dimensional na fabricação das novas barras de aço, como pode ser visto nas figuras 6.47 a e b.

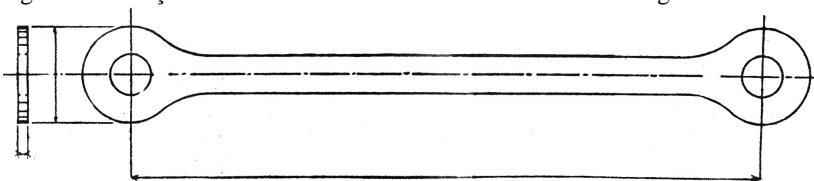
Figura 6.47: a - Barra de olhal proposta para a troca e b - Medição da espessura nominal da barra de olhal.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2009)

A espessura das barras é mantida, pois está limitada pelo tamanho das selas no topo das torres principais. As selas originais são mantidas no projeto de restauração, isso impõe uma espessura máxima de 50 mm para as barras, como mostrado na figura 6.48.

Figura 6.48: Seção transversal e vista lateral da barra de olhal original.



Fonte: Adaptado de Steinman (1923).

O comprimento das barras de olhal é variável na direção longitudinal, entre os centros de cada olhal. A nova forma da barra e dos olhais é definida no projeto elaborado pela Sondotécnica-Ingérop, podendo ser visto na figura 6.49. As peças ainda não foram fabricadas, nem foram emitidas ordens de serviço para a fabricação das novas barras de olhal.

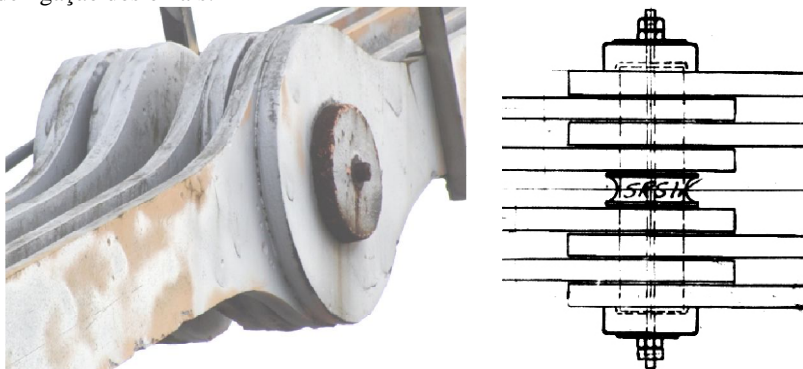
Figura 6.49: Perfil da nova barra de olhal do projeto de reabilitação.



Fonte: Adaptação do projeto de referência. (2004)

Cada segmento da cadeia de suspensão é composto por um conjunto de quatro barras de olhal. A ligação entre cada segmento da cadeia é feita por meio de um pino cilíndrico, formando uma seção com 8 barras de olhal. As oito barras estão dispostas de forma simétrica para manter o eixo longitudinal da cadeia em cada ligação com o pino, como pode ser visto na figura 6.50.

Figura 6.50: a – Pino de ligação das barras de olhal, b – Projeto original do pino de ligação dos olhais.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura (2006) e Steinman (1923).

O Projeto de Referência também prevê a substituição dos pendurais por cabos únicos. Os elementos metálicos da superestrutura que apresentarem perda de área de secção por corrosão superior a 10% serão substituídos e as fundações das torres principais que hoje são individuais, passarão a ser unidas. A expectativa de vida útil da ponte recuperada é de 50 anos para a estrutura metálica, 120 anos para a estrutura metálica nova, 40 anos para os aparelhos de apoio e juntas de dilatação, 40 anos para os pendurais e 8 anos para a pintura anticorrosiva.

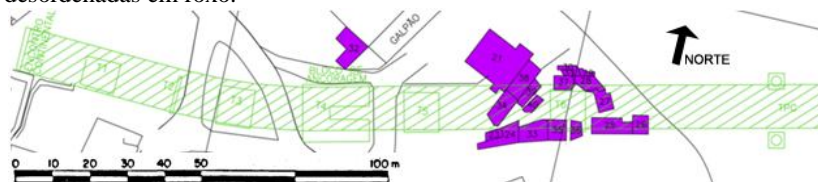
O Projeto de Referência foi avaliado por uma comissão técnica após a sua entrega, em que foram identificadas algumas faltas nos detalhamentos das etapas intermediárias da obra de restauração. Deste modo, as empresas contratadas ficam responsáveis pelo detalhamento

destas etapas de projeto. Além disso, a comissão destacou que é permitida uma proposta técnica alternativa ao Projeto de Referência, baseado no emprego de técnicas mais recentes que permitam maior segurança no processo construtivo.

6.3.2 Intervenções na restauração e reabilitação na Etapa 1

No dia 17 de fevereiro de 2006 a ordem de serviço para iniciar os trabalhos de restauração e reabilitação foi assinada pelo governador Luiz Henrique da Silveira. A primeira etapa de recuperação que buscava restaurar a estrutura metálica dos viadutos de acesso insular e continental, foi finalizada em 2009, seguindo os serviços previstos no Projeto de Referência. O viaduto de acesso continental apresenta seis torres, sendo que a torre mais próxima do mar não foi restaurada pois havia muitas construções no local que impediam o acesso, como pode ser visto na figura 6.51, acentuando o risco de queda de objetos devido às operações em altura.

Figura 6.51: Projeção do viaduto de acesso continental em verde e ocupações desordenadas em roxo.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006)

O viaduto de acesso continental possui três vãos que constituem uma curva com raio de 150 metros. A extensão total do viaduto continental é de 222,504 m. O Projeto de Referência previa a retirada dos consoles no lado sul, mas o serviço de substituição por consoles maiores foi postergado para a segunda etapa. As peças foram restauradas e mantidas na mesma posição. A estrutura do viaduto continental apresenta nova configuração com consoles para a passarela no lado norte e no lado sul, como pode ser visto na figura 6.52.

Figura 6.52: Viaduto de acesso continental.



Fonte: Adaptado de Sondotécnica-Ingérop. (2004)

As seis torres do viaduto de acesso insular foram reabilitadas, mesmo com as ocupações desordenadas construídas na área, como pode ser visto na figura 6.53. O processo de desocupação ainda está em andamento nas duas cabeceiras da ponte e as estruturas que não puderam ser reabilitadas durante a primeira etapa continuam aguardando manutenção.

Figura 6.53: Projeção do viaduto de acesso insular em verde e ocupações desordenadas em roxo.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006)

O Projeto de Referência previa a retirada dos consoles no lado sul. A nova configuração da estrutura do viaduto insular pode ser vista na figura 6.54.

Figura 6.54: Viaduto de acesso insular.



Fonte: Adaptado de Sondotécnica-Ingérop. (2004)

A reabilitação das torres metálicas foi um dos principais trabalhos da primeira etapa. Uma estrutura de andaimes em madeira foi colocada em cada torre para possibilitar o acesso, conforme pode ser visto nas figuras 6.55 a e b. As peças que apresentavam a perda da seção superior

a 10% foram substituídas. Após a reabilitação dos serviços de corte, rebritaço, acabamento final e pintura foram retirados os andaimes.

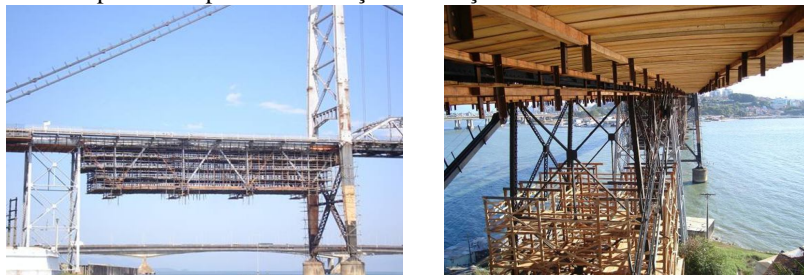
Figura 6.55: a – Torre degradada do viaduto de acesso insular e b – Estrutura provisória para a reabilitação da torre



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Os andaimes foram colocados nos quatro patamares nos vãos em treliça Warren, como pode ser visto nas figuras 6.56 a e b. Dessa forma, foi possível restaurar os aparelhos de apoio fixos e móveis e as demais peças desta treliça. Estes andaimes também foram utilizados para a restauração das vigas de alma cheia e para a restrição dos contraventamentos, longarinas, transversinas e chapas metálicas das vigas e transversinas.

Figura 6.56: a – Reabilitação da treliça Warren do viaduto insular e b – Estrutura provisória para a reabilitação da treliça.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

A cravação de rebites foi realizada conforme as exigências do Projeto de Referência. As peças inferiores apresentam um acesso difícil para a execução dos rebites, sendo que a estrutura de andaimes cria um suporte para a execução dos serviços. O rebite deve ser esquentado em uma forja e logo cravado nas chapas perfuradas, como mostrado nas figuras 6.57 a e b.

Figura 6.57: a – Rebite sendo aquecido na forja e b – Cravação do rebite.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

A instalação das passarelas de acesso foi realizada para possibilitar a execução dos serviços nas pistas centrais. Um estrado de madeira de lei foi colocado na passarela norte apoiada nos consoles, como mostrado na figura 6.58 a. As passarelas foram abertas em alguns pontos dos viadutos para possibilitar o transporte de equipamentos e ferramentas até a pista central, como pode ser visto na figura 6.58 b.

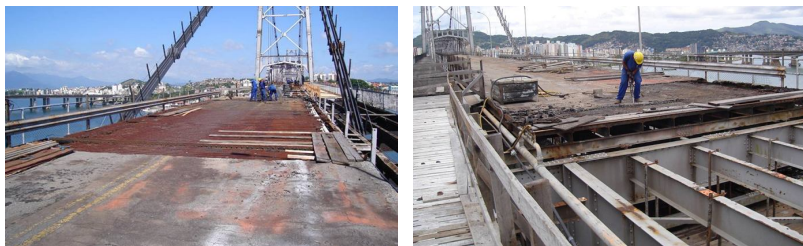
Figura 6.58: a – Rebite sendo aquecido na forja e b – Cravação do rebite.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

As pistas asfálticas com a chapa corrugada e os perfis metálicos de base foram retiradas para a reabilitação da estrutura metálica do tabuleiro nos dois viadutos de acesso, como ilustrado nas figuras 6.59.

Figura 6.59: a – Remoção do asfalto do viaduto de acesso insular e b – Viaduto de acesso insular sem o asfalto.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Os perfis metálicos de base da pista asfáltica foram retirados e leiloados porque não seriam mais utilizados no tabuleiro, conforme pode ser visto nas figuras 6.60 a e b. Estes perfis foram colocados no lugar das vigas de madeira que apoiavam o estrado de madeira da construção inicial. O Projeto de Referência apresenta uma proposta de pista com placas ortotrópicas, porém somente na segunda etapa será definida qual estrutura será utilizada na pista de rolamento.

Figura 6.60: a – Retirada da estrutura metálica de suporte do asfalto no viaduto continental e b – Sucata leiloadada.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

A estrutura metálica do tabuleiro foi reabilitada de acordo com o Projeto de Referência após a retirada da pista asfáltica, como mostrado nas figuras 6.61 a e b.

Figura 6.61: a – Retirada da pista metálica do viaduto insular e b – Reabilitação da estrutura metálica do viaduto continental.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Os viadutos de acesso foram pintados e sinalizados antes da entrega. Após os acabamentos finais, foi necessário instalar uma pista provisória de madeira nos dois acessos e na passarela do lado norte para possibilitar o acesso ao vão central durante a execução da segunda etapa, como mostrado nas figuras 6.62 a e b.

Figura 6.62: a – Pintura de acabamento final no viaduto insular e b – Colocação do piso de madeira provisório para a Etapa 2.



Fonte: Departamento Estadual de Infraestrutura. (2006 a 2009)

Os viadutos de acesso foram entregues conforme especificado no Projeto de Referência. A estrutura de madeira na pista central e na passarela do lado norte ainda permanece em boas condições, como mostrado nas figuras 6.63 a e b. A manutenção desta estrutura é realizada semanalmente, com cuidados especiais no estrado da passarela.

Figura 6.63: a – Viaduto de acesso insular finalizado e b – Viaduto de acesso continental finalizado.



Fonte: Autor. (2009)

O custo da primeira etapa foi de aproximadamente 26 milhões de reais, cujas obras compreenderam o uso de 358 toneladas de perfis de aço, de 316 mil rebites, 1510m³ de madeira para andaimes e 8.219 galões de tinta, em um período de aproximadamente 1251 dias. A estrutura metálica que não pode ser reutilizada foi leiloadada, totalizando cerca de 140 toneladas de aço.

6.3.3 Intervenções na segunda etapa de restauração

A ordem de serviço para iniciar a segunda etapa de restauração foi assinada em dezembro de 2008, encontrando-se em fase de execução. O Consórcio Florianópolis Monumento é a construtora responsável, formada pela empresa americana CSA Group e a Construtora Espaço Aberto de Florianópolis. A empresa americana Bridge Technology Consulting foi contratada pelo Consórcio para dar a assistência técnica. O engenheiro Khaled M. Mahmoud, presidente da BTC, é o responsável técnico da obra de restauração atualmente. Esta etapa de restauração é constituída principalmente pela recuperação do vão central e do reforço de suas fundações. A estrutura metálica do vão central ainda apresenta manifestações patológicas que comprometem a estabilidade da ponte, pois algumas peças do vão pênsil apresentam avançado processo de corrosão, cuja reutilização está comprometida.

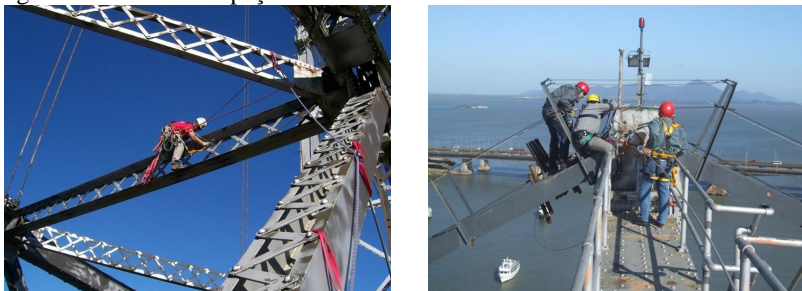
As principais atividades de restauração do vão pênsil, de acordo com o Projeto de Referência incluem o reforço das bases das torres principais; o reforço dos maciços de ancoragem; a restauração dos aparelhos de apoio do vão central; a transferência de cargas da obra para os cabos provisórios; a desmontagem dos antigos pendurais; a

reabilitação do tabuleiro; a colocação dos consoles do passeio do lado sul; a substituição das antigas barras de olhal e a colocação de novos pendurais. A realização da transferência de cargas para a nova estrutura pênsil permitirá a reabilitação complementar do tabuleiro e os serviços finais de pintura e sinalização entre outros.

As novas barras de olhal terão uma nova resistência mecânica. O seu limite elástico atual de 530 MPa passará a ser de 960MPa após a reabilitação. O limite elástico dos pendurais vai passar de 1300 MPa para 1770 MPa e a estrutura metálica manterá o mesmo limite elástico de 230 MPa.

A empresa Projeto Alpha Engenharia de Estruturas Metálicas S/C Ltda foi contratada para realizar a inspeção em 2009 e para elaborar um relatório detalhado identificando a situação de cada peça. O relatório apresenta os processos de corrosão nas peças e os pontos críticos que devem ser considerados nas substituições. O engenheiro Flávio D'Alambert, responsável técnico das inspeções, contratou uma equipe de alpinistas para possibilitar a segurança dos engenheiros e técnicos para realizar inspeção, como pode ser visto nas figuras 6.64 a e b.

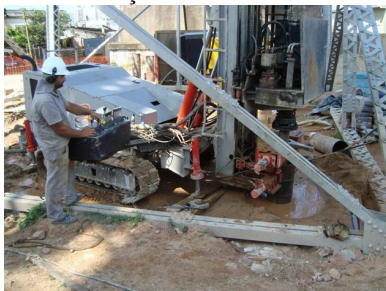
Figura 6.64: a e b – Inspeção visual do vão central.



Fonte: Bagnati. (2009)

Os reforços das bases das torres dos viadutos de acesso também foram iniciados em 2009. As armaduras das estacas-raiz foram preparadas no próprio canteiro de obras e transportadas até a posição da cravação, como pode ser visto na figura 6.65 a. As estacas foram cravadas em torno das bases, como mostrado na figura 6.65 b. O projeto prevê a realização de blocos de concreto ligando o topo das estacas-raiz, mas este serviço ainda aguarda a execução. Os serviços não foram finalizados em algumas bases de torres porque ainda existem ocupações no terreno que impedem o acesso dos equipamentos e que aguardam os resultados dos processos de desapropriação.

Figura 6.65: a – Armadura de estacas-raiz e b – Cravação de estaca-raiz.



Fonte: Autor. (2009)

Algumas bases foram reforçadas aumentando o bloco com concreto armado, como pode ser visto nas figuras 6.66 a e b. Este serviço foi realizado em duas torres do viaduto de acesso continental e em três torres do viaduto insular.

Figura 6.66: a – Base original da torre e b – Bases da torre reforçada.



Fonte: Nunes. (2009)

Os viadutos de acesso receberam consoles para o passeio de pedestres no lado sul da ponte. Estas peças foram fabricadas pela empresa Engemonte em Minas Gerais, de acordo com o Projeto de Referência e revisado pela empresa RMG Engenharia. O deslocamento e montagem dos consoles foram realizados por guindastes e a fixação na ponte foi realizada por meio de rebites, como pode ser visto nas figuras 6.67 a e b.

Figura 6.67: a – Transporte de console e b – Console montado.



Fonte: Nunes. (2009)

O processo de cravação dos rebites consiste em fixar duas ou mais estruturas. Primeiramente, as peças são justapostas, onde o rebite esquentado em uma forja é inserido no furo coincidente. O trabalho é realizado por dois montadores: o primeiro utiliza um martelete pneumático na lateral da cabeça lisa e percute o rebite contra uma barra encontradora que é fixada pelo segundo montador. A cabeça do rebite é deformada no molde redondo do martelete fixando as duas peças. As figuras 6.68 a, b, c e d apresentam a sequência de cravação.

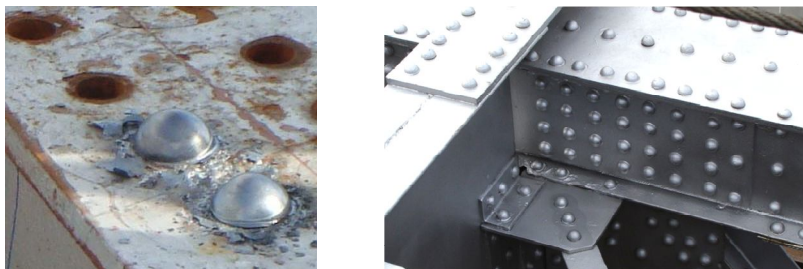
Figura 6.68: a – Inserção do rebite, b e c – Utilização do martelete e da barra encontradora e d – Rebite com a cabeça deformada.



Fonte: Autor. (2010)

Todas as peças novas colocadas nas duas etapas seguiram este procedimento. Os consoles e a estrutura dos viadutos de acesso que foram restaurados conforme Projeto de Referência, como mostrado nas figuras 6.69 a e b.

Figura 6.69: a - Furos e rebites cravados e b – Rebites na ligação entre treliça Warren e travessa do viaduto de acesso.



Fonte: Autor. (2010)

Estruturas provisórias de andaimes e plataformas de madeira foram colocadas no lado sul para substituir os consoles existentes, como pode ser visto nas figuras 6.70 a e b. O console antigo que apoiava a adutora de água foi retirado e os novos consoles metálicos foram fixados na estrutura principal.

Figura 6.70: a – Instalação de andaimes no viaduto de acesso continental e b – Instalação de andaimes no viaduto continental.



Fonte: Nunes. (2009)

O Deinfra e o governo do estado trabalharam ao longo dos anos para desapropriar diversos ranchos de pescadores que dificultavam o acesso às bases das torres, conforme pode ser visto na figura 6.71 a. O acordo com muitos proprietários destas residências foi estabelecido durante a segunda etapa e as benfeitorias foram demolidas, como mostrado na figura 6.71 b.

Figura 6.71: a – Ranchos de pescadores e propriedades em baixo do viaduto continental e b – Desapropriação dos ranchos e propriedade.



Fonte: Autor. (2010)

Uma nova proposta de reabilitação é apresentada na segunda etapa da obra de restauração. O projeto de uma estrutura de sustentação provisória foi apresentado ao governo do estado, por meio do Consórcio Florianópolis Monumento responsável pela execução da estrutura metálica, como pode ser visto na figura 6.72. Este projeto foi elaborado após a identificação da degradação das rótulas das torres principais, substituindo a primeira proposta do Projeto de Referência que prevê a instalação de um cabo de suspensão provisório para o vão central.

Figura 6.72: Perspectiva da estrutura de sustentação provisória em vermelho.

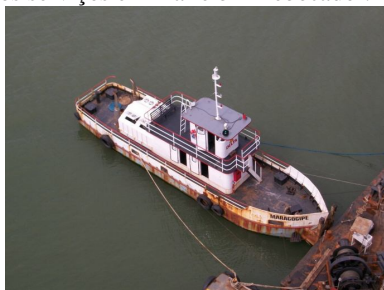


Fonte: Nienow e Nascimento. (2010)

A proposta alternativa compreende uma série de serviços que está sendo realizada no mar. A colocação de duas balsas para o serviço foi uma das primeiras providências. A primeira balsa veio do porto de Itajaí para ser utilizada no transporte dos equipamentos até o vão central. A segunda balsa de maior dimensão foi transportada em módulos e soldada no estacionamento do Sambódromo na Baía Sul, como pode ser visto na figura 6.73 a. Um rebocador também foi transportado via

terrestre e montado no canteiro de obras, como mostrado na figura 6.73 b.

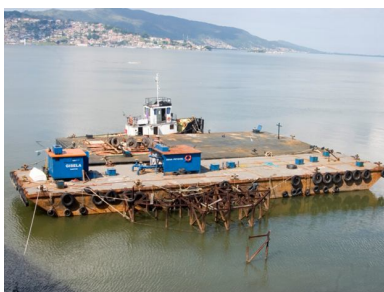
Figura 6.73: a – Montagem da balsa para os serviços em mar e b – Rebocador.



Fonte: Nunes (2010) e Autor (2010).

O canteiro de obras fica abaixo da ponte Pedro Ivo Campos e da ponte Colombo Machado Salles no lado continental. O local escolhido possui uma grande área que permite o armazenamento dos materiais utilizados na construção da estrutura provisória. As camisas metálicas utilizadas na construção das fundações dentro da água são armazenadas neste local, conforme pode ser visto na figura 6.74 a. Inicialmente, as duas balsas e o rebocador ficavam ancorados em frente a este canteiro de obras, como mostra a figura 6.74 b.

Figura 6.74: a – Canteiro de obras para os serviços em mar e b – Balsas e rebocador ancorados.



Fonte: Silva. (2010)

A sinalização em mar foi realizada conforme as exigências da Capitania dos Portos. As boias foram fabricadas no próprio canteiro de obras. Foram pintadas de amarelo e lançadas em mar com o auxílio de um guindaste posicionado em cima da balsa, como mostrado na figura

6.75 a. As estruturas complementares das balsas foram montadas no canteiro de obras, que incluem os quatro guindastes em cada canto da balsa. Estas estruturas são responsáveis pela ancoragem da plataforma de trabalho na água e o rebocador é responsável pela movimentação das balsas, como mostrado na figura 6.75 b. O transporte dos operários é realizado por meio de uma embarcação menor, mais rápida de modo a agilizar as operações.

Figura 6.75: a – Rebocador, barco para transporte de pessoas e balsa com as boias e o guincho e b – Rebocador empurrando a balsa.

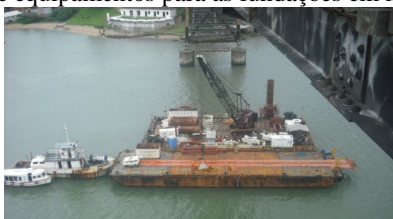


Fonte: Autor e Nunes. (2010)

Após a ancoragem da balsa maior em baixo do vão central foram fixados os gabaritos na balsa. O gabarito é uma peça por onde as camisas metálicas são posicionadas na posição vertical para a cravação das estacas. Todo este serviço é monitorado por meio de equipamentos topográficos para manter a posição correta, seguindo o projeto da estrutura de sustentação provisória. As camisas metálicas das estacas chegaram até o canteiro de obras por vias terrestres. A altura máxima de cada estaca pode chegar até 35 metros, porém as camisas metálicas possuem comprimentos menores. O processo de montagem das camisas metálicas foi realizado em cima das balsas já no local de cravação das estacas. Assim, as camisas foram soldadas para ter a altura necessária estabelecida em projeto. Posteriormente, as camisas metálicas foram cravadas em rocha. Após a colocação das armaduras no seu interior, são concretadas. O lançamento do concreto é realizado por meio de caminhões betoneira com a capacidade de 8m^3 . Considerando-se que cada estaca tem um volume de cerca de 40 m^3 , foi necessário realizar três viagens com a balsa menor transportando dois caminhões betoneira e um caminhão bomba. O concreto é transportado seco. Só é adicionada água, do reservatório do caminhão betoneira, na hora do lançamento. Portanto, não necessita retardamento, mesmo porque o cimento das

concreteiras é o ARI, de pega rápida, com alto calor de hidratação, para resistências maiores nos primeiros dias. A balsa maior funciona como uma plataforma de trabalho onde todos os materiais e equipamentos são organizados, como pode ser visto na figura 6.76 a. O transporte de outros equipamentos é realizado com a balsa menor e com o rebocador, que é mostrado na figura 6.76 b.

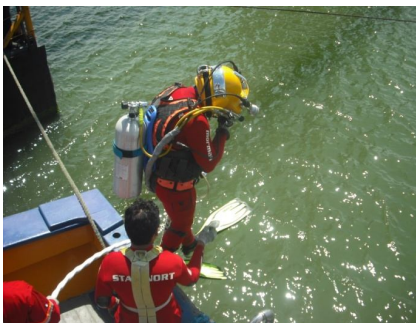
Figura 6.76: a – Balsas para os serviços em mar e b – Mobilização de materiais e equipamentos para as fundações em mar.



Fonte: Autor. (2010)

O fundo do canal apresenta variações na geologia que dificultam o posicionamento das estacas da estrutura de sustentação provisória. A empresa Starnort foi contratada para realizar as inspeções das fundações subaquáticas, trazendo mergulhadores equipados com máscaras de oxigênio e câmeras especiais, como mostrado na figura 6.77 a. O monitoramento do mergulhador é acompanhado por uma embarcação que fica na superfície, como pode ser visto na figura 6.77 b. No canteiro de obras está localizada uma câmara hiperbárica utilizada pelos mergulhadores para realizar a descompressão.

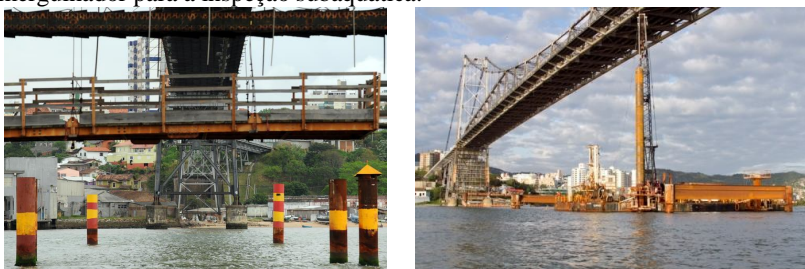
Figura 6.77: a – Mergulhador e b – Preparação do mergulhador para a inspeção subaquática.



Fonte: Autor. (2010)

Esta nova alternativa de estrutura de sustentação provisória serve de apoio para toda a extensão do vão central. As fundações desta estrutura são constituídas por quatro bases no mar, cada base possui quatro estacas, como pode ser visto na figura 6.78 a. Estas estacas foram cravadas no canal do estreito, como mostrado na figura 6.78 b. Os contraventamentos subaquáticos que fazem a ligação entre as estacas de cada apoio ainda não foram realizados.

Figura 6.78: a – Empresa de mergulho Starnort é contratada e b – Preparação do mergulhador para a inspeção subaquática.



Fonte: Kuerten (2011) e Santiago (2012).

Até o momento foram gastos aproximadamente R\$ 40 milhões na segunda etapa de restauração, sendo que o orçamento de referência é de R\$ 169,42 milhões. O prazo previsto para o término da obra é dezembro de 2014. O período contratual era de dezembro de 2008 a junho de 2012, mas este prazo já foi prorrogado, em função de alterações e atrasos ocorridos.

Segundo a administração pública atual, o governo não tem recursos suficientes para a finalização da obra de restauração e reabilitação. Em 2011 o governo anunciou que não ter recursos suficientes para dar continuidade à obra e cumprir o prazo de entrega. Segundo relatórios técnicos de inspeção da estrutura metálica, elaborados pelas empresas RMG e Alpha Engenharia, a ponte ainda apresenta manifestações patológicas que comprometem a estabilidade e a segurança da estrutura, podendo gerar o colapso da ponte.

Em busca de recursos para a obra, a Comissão Nacional de Incentivo a Cultura aprovou a liberação de recursos através da Lei Rouanet para a restauração da Ponte Hercílio Luz. Foi aprovado o valor de R\$ 64,5 milhões de reais, sendo que o governo do estado esperava R\$ 77 milhões de reais para a construção da estrutura, garantindo a segurança estrutural. Uma conta corrente foi aberta em abril de 2012 para receber recursos captados através desta lei. Esta Lei de incentivo a

Cultura permite que empresas possam doar até 4% dos impostos devidos e as pessoas físicas possam contribuir com até 6% do ajuste de declaração do imposto de renda. Segundo o Pres. da FCC Joceli de Souza, os recursos também poderão ser utilizados para instalar o Museu da Ponte Hercílio Luz.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A restauração da ponte Hercílio Luz coloca-se como necessária e imprescindível para manutenção da sua principal função, de caráter intangível que é a sua representação simbólica da imagem da cidade de Florianópolis, este fator é suficiente para justificar os custos de sua restauração. Entretanto, as obras de restauração em andamento buscam conferir uma nova capacidade de utilização por meio da reabilitação dos seus elementos estruturais de maneira a comportar novos usos, tais como: ciclovias, faixas de pedestres, veículos leves sobre trilhos em uma aproximação da primeira concepção do uso.

Este conjunto de obras busca conferir a característica de vetor de desenvolvimento, onde possam ser exploradas suas capacidades imagéticas e simbólicas para a exploração do turismo sustentável.

Busca-se assim a conscientização da população sobre os valores simbólicos, históricos e paisagísticos para garantir a preservação da memória. Este patrimônio tem se mostrado de valor inestimável para a população de Florianópolis, contribuindo para a identidade da capital de Santa Catarina. Por fim, a ponte Hercílio Luz mostra-se como monumento singular com características técnicas e históricas que a destacam entre outras pontes no mundo inteiro.

7.1 QUANTO AOS ASPECTOS HISTÓRICOS E CULTURAIS

A região do Canal do Estreito tem sido objeto de ocupação desde o período da colonização por ser um local estratégico para as navegações e por ser o local de comunicação da ilha com o continente. A concentração populacional nas penínsulas continental e insular é um reflexo das primeiras ocupações do século XVI. Encontram-se nesta área o Forte Santana, a ponte Hercílio Luz e outros edifícios modernos, representantes das fases históricas do desenvolvimento da cidade. O conjunto destes elementos representa a identidade da cidade e motivo de orgulho da população local, configura-se também como um marco paisagístico facilmente reconhecido no país.

Os motivos que levaram o governador Hercílio Luz a implantar a ligação entre ilha e continente era de manter a capital do Estado em Florianópolis e de promover a modernização da cidade. A condição financeira do Estado não era favorável para realizar a construção o que levou a contratação de empréstimos que tardaram décadas para serem saldados

Não obstante estes fatores, a ponte foi concluída com sucesso, cumprindo suas funções por mais de 50 anos. Mesmo se encontrando desativada ela é parte integrante da imagem e memória da cidade. Esta compreensão justifica todos os esforços para a sua restauração.

7.2 REFERENTE ÀS TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM

Quando atuou como vetor para diversas mudanças na paisagem urbana de Florianópolis. Ela serviu para a introdução de veículos motorizados na ilha, provocando abertura de novas vias e a transformação nas condições de uso das vias existentes na época. A ligação terrestre modificou o sentido de expansão da cidade, contribuindo para o crescimento populacional, além de outras transformações da cidade. Posterior a consolidação desta primeira ligação, a cidade precisou construir outras duas pontes, devido ao grande tráfego de veículos. As pontes Colombo Salles e Pedro Ivo Campos inauguradas em 1975 e 1991 respectivamente assumiram as funções da ponte Hercílio Luz e acentuaram ainda mais as transformações da paisagem urbana nas cabeceiras das pontes.

No final do século XX as transformações da paisagem ocorrem por influências das pontes Colombo Salles e Pedro Ivo, sem considerar os potenciais da ponte Hercílio Luz, uma vez restaurada. No entanto, a ponte Hercílio Luz desativada ainda interfere nas transformações da paisagem em função das determinações do decreto de tombamento. Esta lei exige que a implantação de novas edificações no seu entorno sejam aprovadas pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Desse modo, com o decreto se reduziu significativamente o impacto visual causado pela verticalização nas duas cabeceiras. Em alguns casos a altura da edificação é limitada, permitindo que um grande número de pessoas tenha a ponte no seu campo visual.

7.3 COM RELAÇÃO AOS PROJETOS DA PONTE

Os estudos realizados na concepção do projeto foram determinantes para a escolha e para a redução dos investimentos. Grande parte desses estudos foi realizada entre 1920 e 1922, quando o primeiro financiamento foi interrompido com a falência do banco Imbrie & Co. O segundo empréstimo realizado em 1922 pelo governador Hercílio Luz deu continuidade ao projeto existente. No ano seguinte já havia sido constatado que o projeto da ponte pênsil constituído por barras de olhal era mais econômico que a primeira alternativa baseada

no tipo *cantilever*. Estes estudos contribuíram para viabilizar a construção da ponte, tal como a conhecemos hoje.

O conjunto de projetos da ponte utilizados nesta pesquisa está incompleto, o que por si só justifica a sua continuidade. Estes desenhos não apresentam a totalidade dos processos de montagem, sendo necessário interpretar elementos atuais da restauração para identificar detalhes do projeto original. O Projeto de Referência desenvolvido pelo Consórcio Sondotécnica-Ingérop mostrou-se como uma fonte alternativa para o estudo do projeto por apresentar a reconstituição de muitos detalhes construtivos. A apresentação e análise do projeto original publicada pelo engenheiro Steinman em 1928 também foi determinante para compreender a complexidade do projeto e as funcionalidades previstas na fase de construção e uso.

7.4 QUANTO À CONSTRUÇÃO DA PONTE

O projeto da ponte Hercílio Luz representou na época uma inovação conceitual e tecnológica. Apresentava uma estrutura leve e estável, utilizando uma configuração esbelta e singular. Na época foi um marco da engenharia, servindo de referência para a construção de outras duas pontes nos Estados Unidos com o mesmo sistema de suspensão. O sucesso do projeto, da fabricação, do transporte e da montagem desta ponte demonstrou na época que o sistema de ponte pênsil com barras de olhal era econômico e de rápida execução. O processo permitia substituir os andaimes da montagem por cabos suspensos, sendo que as peças eram quase todas pré-fabricadas. A estrutura metálica com mais de quatro mil toneladas foi montada em aproximadamente doze meses, execução considerada rápida ainda nos dias de hoje. Deve-se destacar que nenhuma pessoa morreu durante o período de montagem, o que mostra a eficácia e segurança dos processos construtivos.

A análise das fases de construção pode ser realizada por meio de antigas fotografias da obra. Estas imagens permitiram uma sequência cronológica da montagem ainda que com certas lacunas e imprecisões. A publicação do engenheiro Steinman de 1928 explicando detalhadamente as etapas da obra, foi imprescindível para a compreensão da logística e estratégias adotadas na construção da ponte e dos canteiros de obras.

7.5 QUANTO ÀS TRANSFORMAÇÕES DA PONTE, AO USO E AO ESTADO ATUAL

O decreto de tombamento vigente estabelece critérios para a realização de reformas, restauração e manutenção da segurança estrutural da ponte. Entretanto, a forma original da ponte foi alterada nos anos precedentes, sendo que alguns dos seus elementos foram substituídos por novas estruturas que provocaram algumas alterações nos detalhes do projeto inicial.

Durante muitos anos de funcionamento da ponte Hercílio Luz os procedimentos de manutenção não foram estabelecidos de modo sistemático. A barra de olhal rompida foi identificada meses após o acidente por uma equipe da manutenção. Neste período milhares de veículos passaram sobre a ponte, sob o risco de colapso total. Esta barra de olhal foi então reforçada com cabos de aço que permanecem lá até hoje. A sua substituição será realizada durante a segunda etapa de reabilitação, quando a estrutura de sustentação provisória da ponte que está sendo construída estiver concluída. A reposição da barra rompida com outras ações de recuperação possibilitarão o uso pleno da ponte Hercílio Luz.

Na primeira metade do século XX, a ponte possuía três faixas de pista de rolamento, uma passarela de pedestres no lado norte e uma adutora de água no lado sul. As carroças passavam na faixa central, os carros nas outras duas faixas laterais a primeira e o passeio de pedestres no lado norte era utilizado sem um guarda-corpo separando-o da faixa de veículos. Estas condições de uso foram modificadas na segunda metade do século XX quando a ponte passou a ser utilizada com apenas duas faixas centrais asfaltadas e uma defesa metálica separando-as do passeio de pedestres. A adutora foi transferida para a Ponte Colombo Machado Salles no início da década de 1980.

As obras de restauração não foram ainda finalizadas em função dos elevados custos de restauração e reabilitação, além da dificuldade de viabilização de recursos para a execução dos serviços. O custo das obras de restauração é cerca de 170 milhões somente para a etapa que corresponde ao vão central. Enquanto os recursos estão sendo viabilizados, a estabilidade da ponte exige manutenção constante dos componentes que apresentam graves manifestações patológicas.

7.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A presente pesquisa pode ser complementada com mais algumas análises que não foram realizadas neste trabalho, devido à necessidade de um estudo aprofundado dos aspectos abordados na pesquisa, exigindo a expansão do cronograma para o levantamento de dados. Dentre estes complementos são recomendados os seguintes temas:

a) Levantamento de dados e catalogação de documentos relacionados com a ponte Hercílio Luz existentes elementos históricos de acervos da comunidade, tais como textos e fotografias referentes à ponte para a construção de uma base de dados que poderá servir para a fundamentação do museu da ponte.

b) Aprofundar a compreensão dos processos construtivos e equipamentos utilizados na construção da ponte Hercílio Luz.

c) Analisar o projeto de restauração e reabilitação que se encontra em fase de execução e acompanhar os processos construtivos em andamento.

d) Aprofundar os aspectos de transformação da paisagem na região do entorno da ponte Hercílio Luz.

e) Propor a revitalização das áreas das cabeceiras das pontes por meio de um projeto integrado ilha x continente como elemento de elevar os potenciais turísticos da ponte Hercílio Luz.

8 REFERÊNCIAS

ADAMS, B. Legislação urbana e o conceito de paisagem cultural: o caso de Florianópolis. In: I EIPAC ENCONTRO INTERNACIONAL DE PAISAGEM CULTURAL. UFSC. Florianópolis, 2010.

AMRITA, Ayur. Arquitetura do ferro. Disponível em: <http://www.slideshare.net/michelepo/a-arquitetura-do-ferro> (2009)

ANDRADA, Almiro Caldeira de. Diário de Patrick. Florianópolis: [s.n.], 2008. 39 p. ISBN 8589420027

_____. Em busca de terra firme. Florianópolis, SC: Ed da UFSC: Lunardelli, 1992.214p

ANDRADE, Djanira Maria Martins de. Hercílio Luz: uma ponte integrando Santa Catarina. Florianópolis, SC: Ed. da UFSC, 1981. 171p. Apresentado originalmente como tese do autor (Mestrado-Universidade Federal de Santa Catarina) sob o título: A influência da Ponte Hercílio Luz no desenvolvimento da Ilha de Santa Catarina.

BAGNATI, Marius. Inspeção visual realizada na ponte Hercílio Luz. Oficina de Aventura Ltda. 2009.

BUENO, A.P. Patrimônio paisagístico e turismo na ilha de Santa Catarina: a premência da paisagem no desenvolvimento sustentável da atividade turística. Tese (doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2006.

CASTRO MAYA, R. Viagem pitoresca e histórica ao Brasil. Prancha 70. Paris, 1954.

CATAI, E. Análise dos efeitos da retração e fluência em vigas mistas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CHENG, Y. L. A study of the Brooklyn Bridge. Department of Civil and Architectural Engineering, University of Bath, Bath, UK. Proceedings of Bridge Engineering 2 Conference 2007. 27 Abril, 2007, University of Bath, Bath, UK.

COSTA, O.M. da; BELLO, M. de F. Ponte Hercílio Luz – Relatório apresentado ao Governo de Santa Catarina (vistoria final na ponte para o seu recebimento oficial). 1926.

_____. Conclusões da análise da ponte Hercílio Luz, enviada ao Sr. Leoberto Leal. Florianópolis, 5 de dezembro de 1947. Folhas avulsas. Arquivo Público do Estado.

DEINFRA. Concorrência pública internacional – Edital nº 044/07. Contratação de empresa ou consórcio de empresas especializadas para restauração e reabilitação da ponte Hercílio Luz, etapa 2. Florianópolis, 2007.

_____. Projeto de restauração e reabilitação. Consórcio Ingerop Sondotecnica. 2004

DELAWARE RIVER PORT AUTHORITY OF PENNSYLVANIA AND NEW JERSEY. Celebrating 85 Years 1926-2011 Ben Franklin Bridge. Consultado em: <http://www.drpa.org/drpa/BFB/index.html>

DIÁRIO CATARINENSE. Hercílio Luz (2) - Susp diz que tem outras prioridades. Sexta-feira, 8 de Julho de 1994.

_____. Navegue pela ponte. Diário Catarinense. Segunda-feira, 21 de Junho de 2010. Pág. 4 e 5.

_____. O que vai passar por cima dela? Diário Catarinense. Terça-feira, 22 de Junho de 2010. Pág. 4 e 5.

_____. Ponte Hercílio Luz - estaca segue desaparecida. Diário Catarinense. Sexta-feira, 13 de Janeiro de 2012.

DIÁRIO OFICIAL. Tombamento da Ponte Hercílio Luz. Portaria Nº 78, de 15 de maio de 1997.

DNIT. Ponte Hercílio Luz. Volumes do As built. 2002.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Tombamento da Ponte Hercílio Luz. Decreto Nº 1.830, de 13 de maio de 1997.

FORENSIC ENGINEERING TEAM, THE. The Silver Bridge Disaster: the collapse. The Open University, program and web teams. 2007. Disponível em: <http://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-and-technology/engineering/the-silver-bridge-disaster-the-collapse>

HAYASHI, F. A. Y. e BARTH, F. Síntese da entrevista com Ivo Pelegrini, mestre das obras de manutenção da ponte Hercílio Luz. Laboratório de Sistemas Construtivos. Disponível em: www.labsisco.ufsc.br. Florianópolis, 2012.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional. Portaria nº 127, de 30 de abril de 2009.

KUERTEN, Guto. Agência RBS. 2011. In: Lentidão nas obras da ponte Hercílio Luz provoca incertezas nos prazos prometidos de Roberta Kremer. Diário Catarinense. 2011. Matéria publicada em: <http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/noticia/2011/10/lentidao-nas-obras-da-ponte-hercilio-luz-provoca-incerteza-nos-prazos-prometidos-3524115.html>

LEWIS, Peter. Iron Bridge Fotograf. Disponível em: www.wikipedia.org. 2003.

MAKOWIECKY, Sandra. Ilha de Santa Catarina, séculos XVIII e XIX - Artistas viajantes e o estranhamento da paisagem. 19&20, Rio de Janeiro, v. V, n. 4, out./dez. 2010. Disponível em: http://www.dezenovevinte.net/artistas/viajantes_sm.htm.

MARCELLINO, Narbal Ataliba. Histórico da Ponte Hercílio Luz. Florianópolis, SC. ECV/CTC/UFSC, 2011.

NIENOW, Fábio; NASCIMENTO, Renato. In: Uma obra complexa. Diário Catarinense, Domingo, 20 de Junho de 2010. Pág.23.

NUNES, Fábio P. Fotografias dos serviços da restauração e reabilitação. Consórcio Florianópolis Monumento. 2009 a 2012.

O'CONNOR, Colin. Pontes I – Superestruturas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

OLIVEIRA, A.P. A história do turismo em Florianópolis a partir de 1950: narrada por quem a vivenciou. Florianópolis: Secco, 2010. 456p.

OLIVEIRA, Maurício de Lima. Ponte Hercílio Luz: tragédia anunciada. Florianópolis, SC: Insular, 2011. 2ª Ed. rev. at. 88p. :il. ISBN 978-85-7474-556-5

OPEN UNIVERSITY, THE. Disponível em:
<http://www.youtube.com/watch?v=dGQfUWvPOII&feature=related>

ORTH, D. ET ALL. Atlas ambiental municipal – modelo para os municípios catarinenses. UFSC – CTC – ECV – GRUPOGE. Projeto Funcitec. Florianópolis, 2006. 35 pág.

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS. Decreto N° 637/92 de 4 de agosto de 1992. Tombamento da Ponte Hercílio Luz como patrimônio histórico, artístico e arquitetônico de Florianópolis.

PALAORO, E. Ponte Hercílio Luz completa três décadas de agonia. Notícias do Dia, 21/01/2012. Disponível em: www.ndonline.com.br. Acessado em: 09/11/2012.

PEREIRA, Felipe. Diário Catarinense. Quarta ligação ilha e continente. 2012.

SANTIAGO, Marcos. 2012. in: Estacas da ponte Hercílio Luz ficam prontas em julho de Everton Palaoro. Notícias do Dia. 2012. Matéria publicada em: <http://www.ndonline.com.br/florianopolis/noticias/30217-estacas-da-ponte-hercilio-luz-ficam-prontas-em-julho.html>

SILVA, Adalberto Ribeiro da. Diário de Patrick. Apresentação pág. 5. Florianópolis: [s.n.], 2008. 39 p. ISBN 8589420027

SILVA, N.C.P. Elementos visuais identificadores da marca de lugar em peças gráficas do setor turístico de Florianópolis. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão. Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica. Florianópolis, SC, 2010.

SILVA, Valdecir de Melo. Fotografias dos serviços da restauração e reabilitação. Consórcio Florianópolis Monumento. 2010.

SONDOTÉCNICA-INGÉROP. Projeto de Referência para a restauração e reabilitação da ponte Hercílio Luz. Consórcio Sondotécnica-Ingérop. 2002.

STEINMAN, David Barnard. Large Eyebar Suspension Bridge in South America. Engineering News-Record, Vol. 91, pág. 592, Nº 15, 1923. Disponível em: <<http://www.archive.org>>. Acesso em: 15 outubro 2011.

_____. A practical treatise on suspension bridges – their design, construction and erection. 2ª edição revisada. 1929.

STEINMAN, David Barnard; GROVE, William G. The eye-bar cable suspension bridge at Florianópolis, Brazil. American Society of Civil Engineers, Paper Nº 1662. Reimpressão de Transactions, Vol. 92, pág. 266, 1928.

TEIXEIRA, L.E.F. Arquitetura e cidade: a modernidade (possível) em Florianópolis, Santa Catarina – 1930 – 1960. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

UNESCO. Convenção para a proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. Paris, 1972. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/conventiontext>> Acesso em 15 nov. 2011.

VASCONCELOS, A. C. Pontes Brasileiras – Viadutos e passarelas notáveis, São Paulo, Pini, 1993.

VEIGA, E. V. Florianópolis: memória urbana. Editora da UFSC e Fundação Franklin Cascaes, 1993.

VIEIRA, C. ET ALL. Restauração da ponte. Plástica na senhora de ferro. Diário Catarinense, 2010. Pág. 22.

Foram consultados também os documentos, projetos, fotos e coleções de jornais de órgãos públicos: Biblioteca Pública de Santa

Catarina, Arquivo Público do Estado, do Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina, Casa da Memória, DNIT, DEINFRA, Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, Museu de Arte de Santa Catarina e o Museu Histórico de Santa Catarina.

ANEXO A

Síntese da entrevista com Ivo Pelegrini, mestre de obras da ponte Hercílio Luz.

A entrevista com Ivo Pelegrini foi elaborada pelo Arquiteto Fernando A. Y. Hayashi e pelo Prof. Fernando Barth na cabeceira insular da Ponte Hercílio Luz no dia primeiro de novembro de 2012. Ivo começou a trabalhar na ponte Hercílio Luz em 1960, sendo funcionário da empresa Machado da Costa, até 1980. Posteriormente continuou atuando nos trabalhos de manutenção da ponte como funcionário da Empresa Roca de 1981 até 2009. Atualmente está contratado pela Empresa Espaço Aberto que realiza as obras de restauração e reabilitação no Consórcio Florianópolis Monumento.

Pergunta: Qual era o uso e quais os tipos de veículos que eram utilizados na época em que iniciou os trabalhos aqui na ponte?

Ivo: O transporte coletivo era feito por empresas de ônibus que vinham e entravam para circular em na cidade. Muitas carroças transportavam lenha porque naquela época não tinha fogão a gás, era fogão à lenha. Então, o pessoal vinha com todas as madeiras já cortadas. Eram filas de carroças, que circulavam pelo centro da ponte, pois tinham duas pistas de rolamento e no centro havia só uma viga grossa longitudinal, em que as carroças passavam em cima. .

Pergunta: Ocorria também o transporte de animais na ponte nessa época?

Ivo: Tinha os irmãos Vidal que tinham um açougue na ilha. Então o gado deles ficava aqui no campo próximo onde é hoje a sede da prefeitura, na Santos Saraiva. De lá para dentro tinha um matadouro grande e ali para baixo havia um campo. Existia outro campo grande deles em Campinas, de Campinas até Barreiros. Aquela região toda era campo onde eles colocavam o gado. Então quando a gente servia o exército, o lugar para fazer instrução para o exército era aquele campo lá. Os aviõezinhos passando por cima e nós lá por baixo atirando. Tinha muito gado naquele campo, naquela época, eu tinha 18 anos. Então o pessoal dos irmãos Vidal ia lá pegar o gado e passava pela ponte em tropas pela madrugada.

Pergunta: Nos primeiros anos que você começou a trabalhar aqui, você via essa movimentação?

Ivo: Sim. Teve uma madrugada que caiu um boi (risos), tinham uns buracos no meio da ponte, nas vigas longitudinais e nos dormentes atravessados que eram o suporte da madeira. Eles ruíram e o boi caiu lá na água e vivo saiu aqui na praia.

Pergunta: E você lembra o ano desses fatos?

Ivo: O ano propriamente dito não. Isso foi ali em 63 ou 64. Não dá pra dizer certo assim, porque mais tarde eles começaram a passar o gado já embarcado.

Pergunta: Por transporte aquático?

Ivo: Não. Embarcado em caminhões bem nessa curva que está aqui na cabeceira da ponte. Muitos dias eles tiveram confronto com a polícia, de revólver na mão, por causa de nota do gado. Eles eram muito brabos e muito brigões.

Pergunta: Essa pista de madeira da ponte foi até que ano?

Ivo: Essa pista de madeira foi até 1970.

Pergunta: Neste ano foi feita a troca para a pista asfáltica?

Ivo: Sim, mas feito sobre a madeira. Nós fizemos o estrado daqui até lá em cima nos pilones. Somente o lado da ilha foi feito todo o asfalto em cima da madeira. Naquele tempo o engenheiro que trabalhava ali no asfalto era o Dr. Vicelis que era o engenheiro do Deinfra. Ele era o técnico do asfalto. Nós tínhamos o britador aqui em cima, onde é o Parque da Luz, de onde vinham pedras mais gradadas. Aqui onde é o escritório atual. Aqui nós tínhamos um britador miúdo para peneirar a areia e fazer a granulometria certa da pedra, em que se tirava toda a poeira da pedra, lavando para fazer o asfalto. No local onde é a atual garagem do Deinfra nós fazíamos o asfalto. Ali era removido com três viradas no asfalto para ele poder compactar direito no rolo compressor. Esse asfalto era feito depois para ser colocado em cima da chapa de aço. Esse não foi usado na madeira. O asfalto usado na madeira era só com um espagitador, que soltava o líquido e depois se passava uma camadinha de pedra.

Pergunta: Esse asfalto era aplicado em cima da madeira original?

Ivo: Não. Sobre a madeira que nós havíamos trocado.

Pergunta: Vocês trocaram toda a madeira original da ponte?

Ivo: Aquelas lá saíram todas. A madeira nova era toda com faixas, madeira tratada só de imbuia. Essa madeira veio lá do Irati do Paraná, com muitas carretas de caminhões. Essa madeira era toda beneficiada, tratada e encantilhada. Toda essa madeira era colocada como se fosse um assoalho para não passar o líquido pra baixo e não se movimentar. Todo esse processo não deu certo. Por isso foi feito outro processo com uma junta por dentro da prancha, pois com junta seca e com a junta em meia seção da madeira não havia dado certo. Então a união das madeiras foi feita com duas juntas e uma só

com a fenda por dentro. Também não deu certo, pois havia a junta de dilatação. Na junta de dilatação ia correndo um líquido após a movimentação dos ônibus. Com o calor o asfalto soltando e ficando marcado as duas pistas de rolamento. Ficava marcado o rolamento do pneu e nos lados ficavam aquelas sobras que iam saindo. Algumas partes ficavam só na madeira de imbuia. Essas madeiras não eram apenas aparafusadas e sim broqueadas, ficando a cabeça um pouco escondida embaixo para não ter perigo de acidente. Com o tempo a madeira foi desgastando, chegando-se no parafuso. Aí o pneu do carro começava a malear a madeira mais mole. A imbuia é uma madeira que tem um lado duro e outro que tem aquele brancal, que desgasta mais facilmente. Com aquelas pedrinhas trabalhando em cima, esmerilhava a madeira e ia desgastando mais rapidamente. Em função disto foi abandonado esse sistema. Optou-se então pela chapa *armica* que na época não tinha uma siderúrgica que a fornecesse. Uma siderúrgica do Rio de Janeiro se prontificou a fazer aquela chapa que está ali até hoje no vão central da ponte. Naquela época as chapas vinham muito complicadas, todas torcidas e sem bitolas definidas. Então nós tivemos que fazer um gabarito, tratando-as primeiro para assentá-las e soldá-las no local da obra. Essa solda no local não permitia fazer tratamento nos pontos internos, nas emendas de solda onde estão as vigas longitudinais e os apoios. Para solda na viga longitudinal ia-se por baixo, correndo o eletrodo por baixo da junta e depois por cima. Deste modo não tinha mais condições de fazer o tratamento. Passava-se o raspador e a escova e pintava-se, mas não era um tratamento cem por cento. Nestes pontos de solda começava a corrosão.

Pergunta: A chapa escondia alguns pontos da estrutura que não tinham acesso para fazer o tratamento?

Ivo: Exatamente, a chapa de aço corrugada era obrigada a ser toda fechada, ficando o asfalto mais a cima. Então para fazer um tratamento teria que remover todo o asfalto e arrancar as chapas.

Pergunta: Essas chapas foram aplicadas sob toda a pista asfáltica?

Ivo: Sim, em toda a pista rolante. No governo do Ivo Silveira faltavam 100 metros para terminar o viaduto no lado do continente. Aí eles mandaram me chamar e ver o que precisaria para terminar, porque ele queria terminar o asfalto no final do mandato do governador. Ivo Silveira prometeu uma festa para que o pessoal acabasse logo o asfalto para a inauguração. Daria uma janta aqui no Restaurante Lindacap para toda a equipe. Depois de tanto tempo se arrastando, uns 3 ou 4 anos, faltava poucos metros. Nós estávamos no vão central, onde faltava uns 50 m de asfalto. Eles me chamaram e perguntaram o que era preciso para finalizar. Nós tínhamos aqui os compressores a diesel. Todos os compressores eram usados. Ai eu disse: só amanhã que posso dar uma resposta certa para vocês. Lá estava o engenheiro Reinaldo (ou Renato) Genovês de Tubarão.

Pergunta: Depois da troca da pista de madeira, qual foi a mudança mais significativa na ponte? Foi o rompimento da barra de olhal?

Ivo: Esse rompimento da barra, até hoje não está bem explicado. A ponte estava toda asfaltada. As barras de olhais que sustentam a ponte não se movimentavam. A madeira da pista não trabalhava. Oscilava um pouco, mas não muito. Quando a ponte foi asfaltada recebeu toda aquela carga de asfalto. A partir disto, entrando pela ilha ou pelo continente você via ela oscilando. As barras oscilavam em todas as quatro linhas. Na época foram consultados mais esse, mais aquele, várias empresas e a própria empresa Machado da Costa. Tentando parar as vibrações mandaram encostar alguma coisa para ver se parava. Então foi feito uma base de encosto, soldando em duas vigas embaixo do estrado. Aquela oscilação parou, não houve mais nada.

Pergunta: Vocês fizeram uma solda na barra?

Ivo: A barra não foi soldada. Foi soldada uma peça auxiliar que ficou encostada. Deste modo as barras pararam de oscilar só com essa sustentação lateral, como um apoio. Parada a oscilação continuou-se o serviço no vão central para acabar o asfalto. Faltava restaurar o vão central por cima, o estrado do vão central e todo o contraventamento. Faltavam apenas 70 m de andaime para sair vão central. Nós estávamos trabalhando com jato de areia e na rebitação. O jato de areia por baixo do estrado e a rebitação em cima do contraventamento. Repentinamente, numa tarde, deu um estouro muito grande. Como se fosse uma porrada com uma marreta em uma peça de ferro ou de aço. Nosso pessoal, cerca de setenta homens, começou a correr. Na época eu tinha uma guarita em cima da passarela com todas as minhas coisas. Fazia muito barulho: quatro jatos a pressão de ar, o gás trabalhando e o pessoal da rebitação batendo. Aí vieram uns caras e jogaram as máscaras lá em baixo e correram. Saíram dos andaimes e vieram para cima da passarela. Vamos! Corram! A ponte está caindo! Deu um estouro e está caindo! Então eu disse: Para todo mundo! Não corre ninguém que não tá caindo! O empregado mais velho que morava ali na saída da ponte contestou: Não, a ponte tá caindo! A torre tá caindo pra dentro! Por fim eu disse: Não corre ninguém! Sem pânico! Fiquem parados. Vamos sair devagarzinho, deixem tudo aí, ferramentas e vamos andando devagarzinho. Não quero ver ninguém correndo! Saiu todo mundo, andando bonitinho.

Pergunta: Isto ocorreu em 1982?

Ivo: Isto foi antes. Eu tenho tudo marcado, mas agora não lembro. Então foi chamada a empresa de engenharia Machado da Costa e comunicado ao Deinfra. A gente começou a fazer vistoria no lado do continente para a ilha e do lado da ilha para o continente. Uma equipe no lado norte e outra equipe no lado sul, uma por baixo e outra por cima: olhando e subindo nas torres. Aqueles que iam por cima olhavam com o espelho por baixo, subindo nas barras olhavam a

pintura. Quebravam a tinta para ver se havia fissura, mas deu nada. Depois de três ou quatro dias com o revezamento das equipes não foi encontrado nada. Então foram chamados os americanos, que também fizeram uma vistoria em toda a ponte. Foi feito um estrado de ferro por baixo para fazer a vistoria por baixo do vão central. Tinha 2,5 m e foi pendurada em toda a extensão para fazer a vistoria minuciosa, porém não foi constatado nada. Então eles sugeriram que seria bom fazer um tratamento também nas torres principais, visto que a ponte estava 99% boa, as barras não tinham recebido tratamento e as torres principais ainda estavam com piche. Ainda hoje tem algumas barras de olhal com piche original. Quase toda a ponte tinha levado jateamento, porém as torres principais não tinha ganhado um tratamento. Seria bom que fosse feito externamente e não por dentro. Nós tínhamos um hábito de começar o trabalho pelo lado pior, neste caso era o lado sul. Embaixo da ponte passava uma rede com 18 KW. Fomos lá e levamos madeira para montar uma base para cortar rebite e prender cantoneiras de apoio dos cabos. Tomávamos cuidado. Era assim que começávamos um trabalho. Meu cunhado trabalhava só com a montagem de andaimes. Então, na sela da torre principal tem quatro barras, alternadamente uma barra entra e outra que sai. Então ele pegou na primeira barra de olhal e foi segurando por baixo. Ele estava amarrado por cima, porque ele queria passar para o lado de fora, para pegar madeira do lado de fora. Ele pôs essa mão na barra e disse: “tem um negócio aqui estourado”. Assim ele identificou a fissura que tinha a barra de olhal. Tinha umas duas polegadas aqui na frente, em torno de 5 cm, e perto do eixo, zero. Estava ali o problema! Um bom tempo depois de uma das quatro barras ter estourado, a ponte persistia. Centenas de milhares de carros em cima ... e a ponte em pé com a barra rompida...Então, a descoberta dessa fratura foi comunicado ao Deinfra.

Pergunta: Foi neste momento que foi interditado o trânsito?

Ivo: Ainda não foi interditado imediatamente, pois foram chamados os técnicos americanos. Eles pediram para dizer que foram eles que acharam o ponto da ruptura. Tudo para dizer que foram eles que encontraram a fratura e assim geraram um relatório técnico. Sim, como se fosse constatada na vistoria deles.

Pergunta: Como foi resolvido o problema da barra de olhal?

Ivo: Nós reforçamos a barra, passando cabos. Foram passados quatro cabos do lado de fora, e quatro por cima dela. Os quatro cabos passavam por baixo da barra, porque o pino da barra tinha 98 de diâmetro. Foi passado o pino de aço, posto a meia-lua por fora e passados os cabos lá em cima da sela. Com ajuda de um macaco na base nós trançamos até a barra torcer. Trançamos a barra com os cabos. .

Pergunta: Depois disto a ponte foi reaberta para a passagem de pedestres e motocicletas?

Ivo: Passava moto, bicicleta e pedestre até uma época. Logo após foi retirado o asfalto do vão central para aliviar o peso. Como primeiro passo foi feito. A competência de tirar o asfalto era do Deinfra. Todo o dia eu retirava e desagregava o asfalto, deixando ao lado da pista para ser recolhido. A ponte então estava aberta durante o dia e o pessoal usava a passarela. As motos passavam no asfalto ao lado quando estávamos desagregando uma pista. Não havia tanto fluxo de moto assim, muito menos que hoje. Houve um fato triste porque eu deixei um monte de asfalto, sinalizando como de costume. Veio um motoqueiro em cima deste asfalto e foi parar em cadeira de rodas. Aí ele me processou. Não processou o Deinfra, o cara abriu uma ação contra mim, contra a minha pessoa e não o Deinfra. Dr. Jonas não quis me cobrar nada. Ele peitou essa ação e fomos juntos na primeira audiência. As outras duas audiências ele disse “você não vai”. Não sei o que deu isso até hoje.

Pergunta: Qual é a altura do asfalto com relação às vigas e as longarinas?

Ivo: A chapa de aço tem 5 cm de altura porque a barra é ondulada. O asfalto tem altura máxima de 10 cm e mínima de 5 cm. Depois tem o lastro geral em cima. Isso é muito complicado porque você tem que encher essas canaletas da chapa. Tudo manual, tudo compactado manualmente, para o respaldo certo, para depois passar o betume em cima e passar outra camada de asfalto. O asfalto não foi o problema dessa ponte.

Pergunta: A ponte foi interditada até os dias de hoje?

Ivo: Sim. Depois de retirado o asfalto, a ponte foi desativada. Foi realizado um projeto, concluído depois de 2000. Então 1991 até 2000 ela continuou no processo de degradação.

Pergunta: Que tipo de manutenção foi feito nesse período?

Ivo: Até três anos atrás, antes de ser transferido para a empresa responsável pela restauração, eu estava acabando de trocar os apoios dos pilones na parte continental da ponte. Havíamos tirado o original e colocado outro blindado, porque haviam resistido tantos anos ali. O apoio dos pêndulos do vão central foram trocados recentemente. Tudo foi trocado ou reformado, foi o último serviço que nós fizemos aí. Agora os balanços estão parcialmente concluídos e os reforços das torres também estão parcialmente concluídos. O serviço de tratamento da pintura também foi feito na parte continental da ponte, mas pouca coisa.

Pergunta: A pintura original era preta e depois ficou prateada?

Ivo: Sim. Foi um processo identificado nos estudos do IPT de São Paulo. A cor preta absorve muito calor dilatando a ponte. Então a cor prateada seria muito melhor, por causa da questão de dilatação.

Pergunta: Qual a composição da pintura original e da prateada?

Ivo: Naquele tempo era piche mesmo, piche que você tem que esquentar, em dia frio você não trabalha, pois num dia frio ele se retrai e num dia de calor ele se solta e abre aquelas fissuras. Embaixo tem um fundo, o primer, então ele resseca, e essas fissuras se soltam, começando a corrosão. E o trabalho hoje também não é mais viável, porque hoje nem se pode mais trabalhar com isso. Um homem trabalhando com ele o dia todo ao sol, no outro dia está no médico. O homem não aguenta trabalhar um dia inteiro com o pincel e piche, porque no outro dia fica com o pulso inchado. No entanto, ainda tem algumas barras pintadas com o piche.

Pergunta: Vocês utilizam as mesmas ferramentas para a forja, para esquentar os rebites, e para martela-los?

Ivo: Não é o mesmo processo porque a forja deles era realizada com ar, tocada a vapor, tocada a lenha, madeira. Hoje os equipamentos são diferentes. Os guindastes antigos eram de madeira, nada parecido com os processos que temos hoje.

Pergunta: O guarda-corpo original foi substituído?

Ivo: Aqui eu troquei todos eles.

Pergunta: Em que ano foi retirada a adutora de água que passava no lado sul da ponte?

Ivo: Foi logo quando a ponte foi interditada. A adutora foi retirada, em função do medo que a cidade ficasse sem água. Colocaram em cima da Colombo Sales, na passarela do lado norte. Hoje ainda está lá, caótica. Passaram uma segunda linha que está na Pedro Ivo, mas até hoje não finalizaram. Estão caindo pedaços daquela ponte.

Pergunta: Existe diferença na conservação da estrutura dos viadutos de acesso ilha-continente?

Ivo: O estado é normal tanto de um lado quanto do outro. As frentes de trabalho são iguais. O viaduto de 36 metros foi trocado interiramente.

Pergunta: Vocês repararam as peças?

Ivo: Não, foi tudo novo mesmo. Todos os 36 m de corda nós fizemos novamente. Fabricamos aqui e refizemos tudo de novo. A gente fabricou tudo aqui, tirando peça por peça e trocando-as por novas. Cortávamos e rebitávamos as chapas.

Pergunta: Que tipo de guindaste vocês utilizavam?

Ivo: Não usávamos guindaste. Só o Muncke.

Pergunta: Quando foi colocado o estrado de madeira que existe atualmente?

Ivo: Esse estrado de madeira foi colocado para acessar o vão central, feito para a empresa que viesse trabalhar na reabilitação. Pelo visto está demorando muito e vão ter que trocar por outro.

Pergunta: No vão central ainda tem o estrado de madeira?

Ivo: Não, somente na passarela. No vão central ainda está a chapa metálica.

Pergunta: Quantas tubulações existiam para fazer a manutenção da ponte?

Ivo: No começo nós tínhamos quatro tubulações vindo do continente até a ilha. Nas torres principais do vão central nós fizemos uma conexão de mangueira pra ligar um tubo no outro, passando então dois tubos em cada lado (sul e norte). Assim aproveitávamos o conjunto. Se tivesse um lugar com vazamento, colocávamos luvas. Trazíamos estas conexões e deixávamos tudo embaixo para conectar a mangueira vindo até aqui no lado da ilha.

Pergunta: E as máquinas de compressão ficam nas duas cabeceiras?

Ivo: Não. Só do lado do continente, mas ela chega até aqui na parte insular.

Pergunta: Passados tantos anos, quais diferenças você observa aqui na ponte?

Ivo: É muita diferença, pra começar a falar, na época não tinha lei. A realidade é essa. A ponte estava interditada não podendo passar ninguém, mas todo mundo estava acostumado a passar por aqui. Já existia a outra ponte e ficava um homem aqui na frente a parar os carros. Vinha então um cara de moto e passava, e não podíamos fazer nada. Fiz um portão e tranca com dois metros de altura e ainda assim as pessoas pulavam e passavam a pé na ponte. Por fim fiz um portão com uns 4 m de altura.

Pergunta: A ponte treme com o vento sul mais intenso?

Ivo: Não. Mesmo com o maior vento você não vê movimentação. A oscilação correu do dia em que foi feito o asfalto até o rompimento da barra de olhal. Sanado o problema com a colocação do reforço com cabos de aço, era possível ver flambar uma barra individual, aqui ou lá, conforme a incidência do vento. Já era normal passar olhando estas oscilações. A gente subia lá e colocava o pé em cima e sentia o movimento nos pés. Sentia-se a barra flambando. Depois olhava mais longe, e tinha uma ou duas se movimentando. Toda a vida teve isso. Lá na passarela você colocava a mão e ela balançava. Flambava individualmente, não em conjunto. Das quatro barras de olhal só uma trabalhava, podendo ser qualquer uma. Deu aquele problema lá em cima. Esse problema foi sanado. Se ajustou de uma forma, parecendo que aquela barra estava sobrecarregada (sozinha), mas agora se ajustou. Parece incrível. Não se vê mais uma barra flambar.

Pergunta: Alguém já caiu de carro dessa ponte?

Ivo: Caiu um jipe do Deinfra aqui no início do viaduto de acesso insular, próximo onde é a beira-mar, um pouquinho mais para lá. Na época era a construção do Hoepcke, onde eles reformavam os navios. Na ponte passava a adutora da água, o jipe passou por cima do cano da água e foi pra baixo, passando por dois tubos do guarda corpo. O tubo do guarda corpo a gente utilizava até para fazer conexão de ar-comprimido, tanto o do lado sul quanto o do lado norte.

Pergunta: Houve algum caso de suicídio nesta ponte?

Ivo: Ah, isso aí eu vi um monte, muitos. Assim de pertinho, andando. Alguns morriam e outros não morriam. Alguns caíam na água. Uma moça também se jogou. Morreu porque o cara do caminhão não quis acudir ela. Passou perto lá pra debaixo dos barcos e morreu lá. Um cara, o rapaz cheio de vida, que trabalhava na Nestle. Não sei se era vendedor, o rapaz ia andando na minha frente e se jogou, caiu em cima da cerca de sarrafos, igual a um espeto de churrasco. Outra vez vinha um soldado que deu baixa do exército, ele estava na minha frente. Chegou lá no vão central, subiu e se atirou... saiu nadando e foi lá na praia. Saiu mancando de uma perna, e eu fui acompanhando até quando pegou um táxi. Eu conhecia o taxista. Era o Paulo, um rapaz que trabalhava em um posto que tinha no Detran. Passaram-se uns dias, vi o Paulo e perguntei: Você viu um guri assim... ? E o que ele falou pra você? Ele disse que ia passando na ponte, que havia dado baixa no exército, que era acostumado a tomar banho ali e teve saudades de experimentar a dar um mergulho. Na queda ele pisou a perna, disse que caiu de mau jeito na água. Falou a verdade.

Pergunta: Ocorriam muitos acidentes de trânsito na ponte?

Ivo: Isso aí até não dava tanto não. Essa ponte não dava muito acidente, em proporção com o que a gente vê hoje. Era muito pouco. O espaço central da pista era para o vai e vem da circulação das carroças. A pista de rolamento tinha duas faixas, uma faixa para ir e a outra para vir do mesmo modo. Havia seis pranchinhas de 15 cm cada lado e uma pistinha de 90 cm de rolamento. Aquilo tudo trabalhava e rangia. Não se podia correr muito, pois se um maluco fosse correr de manhã cedo com ela lisa e molhada dava no caixão!

Pergunta: Na circulação das carroças tinha pista de ida e volta?

Ivo: Não. Só uma. As carroças não se encontravam frequentemente, pois geralmente muito de manhã cedo entravam na ilha. Quando chegava a tarde eles estavam voltando. A turma de conservação da “DUP” que era o órgão publica que cuidava da ponte tinha uma carroça com duas rodas. Então eles colocavam 4 ou 6 pranchas daquelas e vinham fazendo a manutenção. Tinha época que dava tempo de eles arrancarem uma madeira da faixa e pregar, sem vir nenhum carro. Nos anos 60 tinha pouco movimento. Não era tanto como hoje. Depois foi apertando, foi apertando, que não teve pra mais ninguém. Não dava mais para realizar um trabalho durante o dia, só à noite e daí por diante foi ficando cada vez mais difícil.

Pergunta: Já existia engarrafamento em cima da ponte?

Ivo: Desde que nós começamos nosso trabalho já tinha fila. Desde que nós iniciamos a fazer o asfalto na ponte Hercílio Luz. Nós começávamos numa pista, para abrir 50 m e a outra pista ficava livre. Já então colocávamos uma sinaleira individual controlada por uma pessoa. Se tivesse fila lá, abria-se o sinal. Tudo era manipulado pelos operários mesmo. Então já começavam os engarrafamentos, porque tinha que parar um pouco e esperar até que tivesse um pouco de carro do outro lado. Assim surgiam as filas. Era viatura, caminhão, carreta pesada, carro pequeno. Tudo era constante. Aí quando a sinaleira fechava aquele lado, tinha vendedor ambulante na ponte, porque o pessoal estava ali e às vezes parava mesmo.

Pergunta: Em um acidente recente um funcionário caiu da torre principal?

Ivo: Sim, ele caiu da torre do continente no lado norte, onde passam doze fios de telégrafo. Ele estava lá em cima trabalhando, no andaime que foi montado ao redor da torre. Quando ele perdeu o equilíbrio, se segurou na mangueira de ar-comprimido e calçou os pés na torre assim, deu um impulso e caiu pra fora. O fio passou e cortou os primeiros dedos. Ele caiu do lado da água, onde tinha um senhor que tinha oficina, um gaúcho. Com a canoa rapidamente pegou ele na praia. O funcionário relutou: Não, não vou pro médico não! Eu quero um cigarro pra fumar (risos). Daí ele pegou o carro e foram ao hospital de caridade.

Pergunta: Como você vê o seu trabalho após tantos anos na ponte?

Ivo: Muita gente gostaria que essa ponte tivesse utilidade de novo. Para o público, para o povão, para as crianças, cidadãos com 18, 20, 30 anos, pessoas que nunca passaram em cima dessa ponte e outras que morrem de saudades para passar de novo. Eu acho que, se Deus quiser, nós vamos ter êxito. Eu acho que dessa vez vamos concluir. Tenho esperança, não sei se vou chegar a isto (risos). Eu já fiz os meus 57 anos de ponte, mas ainda tem muita coisa a fazer. É um prazer ter vocês aqui!